

GOBIERNO REGIONAL DE ARICA Y PARINACOTA



PLAN REGIONAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL
ETAPA IV

ANÁLISIS DEL SISTEMA DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA



Elaborado por Unidad de Ordenamiento Territorial
División de Planificación y Desarrollo Económico
Patricia Araya Almonacid
Giancarlo Poli Barraza
Juan Worm Stari

2013

I N D I C E

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

El análisis por cuencas hidrográficas se considera relevante para el Ordenamiento Territorial, por cuanto permite tener una visión del territorio desde un punto de vista natural y geográfico, en el cual está presente el elemento vital Agua. La Cuenca como un espacio bio físico, importa en el sentido que consiste en un área delimitada naturalmente y de drenaje natural, como una unidad física compacta y demarcada por límites naturales dentro de cada región político-administrativa, por la cual escurren las aguas superficiales convergiendo hacia un cauce principal. La cuenca también es un espacio en que se integran recurso, condiciones naturales y usuarios, el conocimiento de la disponibilidad, calidad y distribución de los recursos y sus condiciones, pueden orientar las posibilidades y niveles de intervención de las actividades humanas, es decir su aptitud, también este conocimiento puede orientar en la capacidad de soporte de intervención, a fin de tener noción de la sostenibilidad y cuidado del medio ambiente.

Considerando que el PROT, está estrechamente vinculado y corresponde a una espacialización de la ERD, podemos hacer presente los siguientes Lineamientos Estratégicos que tienen relación con este análisis: “Diseñar y ejecutar un programa de inversiones en infraestructura para el aprovechamiento óptimo de los recursos hídricos y energéticos convencionales y no convencionales.”, “Elaborar y gestionar un Plan Regional de Ordenamiento Territorial que oriente indicativamente el desarrollo productivo del territorio, integrando los múltiples instrumentos de esa naturaleza.”, “Diseñar y gestionar con institucionalidad propia, un Plan Director Regional de Tratamiento de Residuos Sólidos y Líquidos, con especial énfasis en la contaminación de agua y suelos, y la disposición final de residuos domiciliarios.”, “Posicionar y fortalecer el Comité Operativo de Biodiversidad Regional, a través de la generación de alianzas estratégicas y redes que apunten a la conservación de la biodiversidad regional y al involucramiento ciudadano en su preservación, realzando el papel de las comunidades indígenas.”, “Promover el acabado conocimiento del estado de conservación de la Flora y Fauna Regional, de los sitios de valor y significancia para la biodiversidad y nuestra cultura.” Consolidar el sistema de información territorial regional, incorporando un catastro Plan de Manejo de suelos contaminados y pasivos ambientales en la región.”

OBJETIVOS

El objetivo de este estudio será establecer en las cuencas o sub cuencas relevantes, que se encuentran dentro de los límites político- administrativos de la región, luego desde esa definición contar con un análisis del sistema de cuencas hidrográficas, que aportará en cuanto a tener un diagnóstico analítico de los usos y las relaciones existentes en cada una de las cuencas hidrográficas que componen la región de Arica y Parinacota, además de conocer la realidad regional a través del enfoque de cuencas hídricas , explicado a través de su condición fisico-geográfica, evolución histórica - geográfica para la asimilación del territorio, red de drenaje principal y secundaria y su comportamiento con factores climáticos, fisiográficos y fitogeografico, etc., para en su fase culmine determinar una zonificación intrínseca de las unidades hidrográficas asimiladas como cuencas en este informe con la determinación de ciertos criterios, los cuales se detallaran en la metodología.

ÁREA DE ESTUDIO

Para efectos de este estudio se abordará la delimitación de las cuencas hídricas considerando la utilización de la clasificación de la DGA año 2003 sobre la delimitación territorial de la cuenca hidrográfica a nivel de cuenca para las que escurren hacia el Océano Pacífico en la zona occidental y subcuenca en la zona oriental Altiplánica.

La región de Arica y Parinacota, desde este enfoque de la delimitación de la cuencas hídricas cuenta con 5 Cuencas exorreicas que llegan hasta la costa, de norte a sur se identifican con los siguientes nombres: Concordia, Lluta, San José o Azapa, Vítor, Camarones; cuenta además con 4 sub cuencas Altiplánicas siendo dos de las cuales endorreicas, a saber: Chungará y Surire, y dos que fluyen fuera del territorio nacional hacia Bolivia, incorporándose a otras cuencas, estas se denominan Caquena y Lauca de norte a sur . De esta forma se ha decidido considerar en el área de estudio estos 9 subterritorios.

METODOLOGÍA

En consideración a la disparidad y dispersión de la información, se procederá a considerar un conjunto diverso de variables/indicadores que incluyan proporcionalmente aspectos sociales, ambientales y económicos de cada uno de estos subterritorios.

- Caracterización: Considera un conjunto de antecedentes, temas y aspectos que describen la realidad lo suficiente y necesario para comprender su situación o estado actual, focaliza y cuantifica las variables que mejor tipifican la cuenca hidrográfica, con el propósito de revelar las potencialidades y limitaciones de sus condiciones y recursos naturales, así como las condiciones socio-económicas de sus comunidades humanas. Esto se presentará en una ficha para facilitar la elaboración de la información, su comprensión y la visualización de la caracterización general.

- Diagnostico Descriptivo: Este se focaliza en la comprensión de la situación de la cuenca, particularmente en cómo funciona hidrológicamente la cuenca , con la información disponible, en una descripción breve de la geomorfología de la cuenca indicando los tipos de paisaje, relieve y orientación dominante en las diferentes secciones o partes de la cuenca que ayuden a entender el régimen de escorrentía, las características climáticas determinadas por factores inherentes, tales como temperatura, precipitación-radiación-evapotranspiración, las que en su conjunto determinan el comportamiento hidrológico del escurrimiento superficial y subterránea; la geología de la cuenca, incluyendo la caracterización del tipo y cobertura de la vegetación como otro de los factores determinantes del escurrimiento y la recarga del agua subterránea; una perspectiva histórico-geográfica para comprender el proceso de asimilación del territorio de la cuenca en diferentes estadios temporales, con una síntesis de la evolución geo-histórica, presentar los cambios territoriales en el tiempo y visualizar los valores y restricciones que se mantienen o se han potenciado en el tiempo; identificación de aquellos acontecimientos determinantes externos a la cuenca que hayan sido decisivos en las grandes modificaciones que contribuyan a explicar su actual situación; una delimitación y caracterización de los principales cursos y cuerpos de agua de la cuenca, identificación de unidades menores; inventario y caracterización de los recursos hídricos superficiales y subterráneos de la cuenca, cantidad de agua, calidad del agua, y la naturalidad/singularidad de cauces y cuerpos de agua, diferenciado su comportamiento según sean estos superficiales o subterráneos, como se ha comportado en el pasado reciente la fluctuación de la cantidad de agua, en lo que se conoce como la oferta o disponibilidad de agua y cual es pronóstico de esa disponibilidad para el futuro en su relación con los usos del territorio, áreas de protección del agua; balance hídrico, comparación de los ingresos o ganancias de agua y los egresos o pérdidas de agua, la disponibilidad u oferta de agua superficial, en definitiva establecer la oferta hídrica de una cuenca es la medida del volumen disponible para satisfacer la demanda generada por las actividades socio-económicas; identificación de los ecosistemas dulceacuícolas ambientalmente relevantes, catastrar los ecosistemas de humedales y hábitat de flora y fauna vinculadas directamente a los ambientes acuáticos; determinación del poblamiento y la actividad socioeconómica, caracterizando la estructura sectorial de la base económica, principales sectores, ramas y actividades productivas, distribución actual del sistema de asentamientos, tendencias y procesos demográficos en cuanto a crecimiento y movilidad, rasgos económicos cuantitativos, comprender de modo complementario el uso y las prioridades sectoriales que tiene el agua en la cuenca; por último el uso del territorio de la cuenca hidrográfica, como distribución territorial de las actividades o intervenciones antrópicas que se realizan en la cuenca.

- Análisis Territorial: Para este análisis se considera realizar una Zonificación, bajo los criterios básicos siguientes:
  a) Aptitud de uso de suelo: Esto corresponde a las características edáficas, lo cual tiene que ver con el mayor potencial productivo de los suelos por ende a lo que preferentemente debieran ser usados.
  b) Áreas de protección ambiental por normativas legales: Estas constituyen áreas expresamente definidas bajo las siguientes normativas, “Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado” (SNASPE), que considera 3 figuras de protección, a saber, Parques Nacionales, Reservas Nacionales y Monumento Natural, cada uno de ellos con niveles de intervención determinados por la legislación, “Ley de Bosque Nativo” (protección de riberas) en la cual se establecen zonas con prohibición de corta de árboles y arbustos nativos en riberas de ríos, manantiales y vertientes, y, “Sitios Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad Regional”, poseen un plan de manejo por lo cual sus actividades y nivel de intervención se encuentra establecido y determinado.
  c) Zonas de ocupación (actual) del territorio: Este criterio considera la definición de tres áreas: sector urbano, sector rural y área silvestre, esta último entendida como áreas sin uso actual humano. Es relevante desde la óptica del

establecimiento y la vocación cultural del territorio, condiciona la ubicación de un proyecto según su pertinencia. La diferenciación del territorio regional en estas tres zonas de ocupación se realizará reclasificando las categorías de uso y cobertura del territorio que provee el Catastro de que actualiza CONAF.

d) Aptitud hídrica: en este criterio se reconocen 3 áreas que cumplen funciones hídricas diferenciadas al interior de la cuenca: "Área de Recarga o Captación de Aguas", esta zona consideran la mantención y cuidado de los sectores que producen el agua dulce, tienen su origen en las secciones altas de la cuenca, los cuales aseguran la disponibilidad de agua en las zonas bajas de la cuenca, la identificación de estas zonas se hará en base a la cobertura nacional de glaciares y nieves (actualizada al 2011) contenidas en el Inventario Público de Glaciares a cargo de la Unidad de Glaciología y Nieves de la DGA, "Área de Uso Antrópico", corresponde a aquellos sectores en donde las condiciones de suelo y pendiente del terreno condicionan el uso del territorio por las actividades antrópicas, sectores donde la extracción de agua desde los diferentes cuerpos de agua está influido por las acciones que se lleven a cabo, "Área de Impacto Hídrico", corresponden a los sectores de bajas pendientes cercanas al cauce de los cuerpos de agua como también las zonas costeras propias de las desembocaduras, presentan riesgos producto de los excesos de agua (inundaciones) como también de su carencia.

Figura Nº1



Fuente: Google Earth

I. CARACTERIZACIÓN GENERAL DE CUENCAS

Como se mencionó previamente se ha establecido 9 sub territorios para abordar el estudio. Las principales cuencas y sub cuencas hidrográficas de la región:

Cuadro Nº1

A. Cuencas con vertiente al pacifico (cuencas)	B. Cuencas con vertientes altiplánicas (subcuencas)
1. Quebrada de la Concordia (incluye de Escritos) 2. Río Lluta 3. Río San José o Azapa 4. Quebrada Vítor 5. Río Camarones	1. Rio Caquena 2. Rio Lauca 3. Salar de Surire 4. Lago Chungará

Fuente: DGA

A continuación se presentan las fichas por cuencas hidrográficas de la región, tomando información de diferentes fuentes: Hidrografía Regional del Altiplano de Chile V1; Plan de Acción Estratégico para el Desarrollo Hídrico de la Región de Arica y Parinacota, 2011, DGA; Plan Regional de Infraestructura y Gestión Recursos Hídricos, 2012 - DGA MOP ; Dirección Meteorológica de Chile - http://www.meteochile.gob.cl/climas/climas.html: y de elaboración propia basada en información geo referenciada e imágenes digitales; Instituto Geográfico Militar; Google Earth.

CUENCAS CON VERTIENTE AL PACIFICO

CUENCA QUEBRADA CONCORDIA O GALLINAZOS (INCLUYE FRACCION DE QUEBRADA ESCRITOS)

Cuenca: Quebrada Concordia o Gallinazos (Incluye Escritos)	
Característica/Variable	**Unidad**
Localización	403891.74 m E ; 7979921.78 m S
Zona hidrográfica de chile	Zona Árida
Extensión político administrativa	1, Comuna de Arica
Superficie y cursos transfronterizos	85 Km2 Chile, 320Km2 Perú - 1 Escritos
Superficie total	772 Km2 (Chile 631km2)
Forma de cuenca	Rectangular Paralela
Población total	0hab
Población rural	23hab (censo 2002)
Población originaria de cuenca	Sin antecedentes
Densidad de población	0,03Hab/ km2
Localidades población dispersa	1
Longitud total red de drenaje	48 Km
Precipitación media anual mensual	1 a 10mm
Temperatura media	10 y 18 ºC
Curso de agua principal	Concordia o Gallinazos
Cursos de agua tributarios	Concordia, Escritos (parcial), quebrada Honda
Cursos de agua natural	Concordia o Gallinazos
Caudal o gasto promedio	100L/s subterráneo
Cuerpos de agua total	3 cursos y 0 cuerpos
Capacidad embalsada	0 m3
Embalse subterráneo	s/a
Recarga subterránea	100 L/s
Superficie de humedales	s/a
Superficie agrícola	No (proyectadas 200Ha)
Superficie forestal nativa	0 ha
Superficie forestal plantaciones	0 ha
Áreas naturales protegidas	0 ha
Uso del suelo/cobertura predominantes	Sin vegetación, Matorral
Actividades económicas	Transporte Aeropuerto, Control Fronterizo

CUENCA DE LLUTA

Cuenca: Rio Lluta	
Característica/Variable	**Unidad**
Localización	430948.91 m E ; 7981207.76 m S
Zona hidrográfica de Chile	Zona Árida
Extensión político administrativa	3 Comunas, de Gral. Lagos, de Putre y de Arica
Superficie y cursos transfronterizos	0km2
Superficie total	3437,15Km2
Forma de cuenca	Rectangular Dendrítica
Población total	4056hab (censo 2002)
Población rural	2806hab (censo 2002)
Población originaria de cuenca	Aimara
Densidad de población	1,1hab/km2
Localidades población dispersa	19
Longitud total red de drenaje	157Km
Precipitación media anual mensual	200mm
Temperatura media (4zonas climáticas)	19º / 5ºC
Curso de agua principal	Lluta
Cursos de agua tributarios	Colpitas, Azufre, Caracarani, Allane, Aroma
Cursos de agua natural	Lluta, Colpitas, Azufre
Caudal o gasto promedio	2216L/s (2,21m3/s)
Cuerpos de agua total	4 cursos (Lluta, Caracarani, Azufre, Colpitas)
Capacidad embalsada	107Mm3 (proyectada Chironta 17Mm3)
Embalse subterráneo	2 acuíferos 110Mm3
Recarga subterránea	460L/s (0,46m3/s)
Superficie de humedales	9717m2
Superficie agrícola	Si hay, sin antecedentes
Superficie forestal nativa	Si hay, información en levantamiento.
Superficie forestal plantaciones	0
Áreas naturales protegidas	3 (Cardones, Calanchucal, Estuario Lluta)
Uso del suelo/cobertura predominantes	Bosque, Caja de Río, Industria, Humedal, Matorral Plantación, Agrícola
Actividades económicas	Agricultura, Minería

CUENCA SAN JOSE O AZAPA

Cuenca: Rio San José o Azapa	
Característica/Variable	**Unidad**
Localización	433919.09 m E ; 7961686.14 m S
Zona hidrográfica de chile	Zona Árida
Extensión político administrativa	2 Comunas, de Putre y de Arica
Superficie y cursos transfronterizos	0
Superficie total	3193,8Km2
Forma de cuenca	Rectangular Paralela
Población total	170027hab
Población rural	15430hab
Población originaria de cuenca	Aimara
Densidad de población	348,9hab/km2
Localidades población dispersa	20
Longitud total red de drenaje	135,1Km
Precipitación media anual mensual	200mm
Temperatura media (4zonas climáticas)	19º / 5ºC
Curso de agua principal	San Jose o Azapa
Cursos de agua tributarios	Tignamar, Seco, Laco
Cursos de agua natural	Tignamar, Seco, Laco
Caudal o gasto promedio	600L/s (Trasvasijado desde Lauca)
Cuerpos de agua total	0un
Capacidad embalsada	0 m3 (proyecto Livilcar 8Mm3)
Embalse subterráneo	302Mm3
Recarga subterránea	750L/s (0,75m3/s)
Superficie de humedales	0
Superficie agrícola	Si hay, antecedentes incompletos
Superficie forestal nativa	125.983m2
Superficie forestal plantaciones	0
Áreas naturales protegidas	3.283.907,6
Uso del suelo/cobertura predominantes	Ciudades y pueblos, Matorral, Plantaciones, Agrícola, Playa.
Actividades económicas	Agricultura, Hidroeléctrica, Industria, Turismo.

CUENCA VITOR

Cuenca: Rio Vítor (Incluye subcuenca costera)	
Característica/Variable	**Unidad**
Localización	421530.18 m E ; 7917549.65 m S
Zona hidrográfica de chile	Zona Árida
Extensión político administrativa	2 Comunas de Arica y de Camarones
Superficie y cursos transfronterizos	0un
Superficie total	2241,4Km2
Forma de cuenca	Rectangular Paralela
Población total	876hab
Población rural	876hab
Población originaria de cuenca	Aimara
Densidad de población	0,39hab/km2
Localidades población dispersa	9
Longitud total red de drenaje	135,2Km
Precipitación media anual mensual	10/250mm
Temperatura media (3 zonas climáticas)	19ª / 10ºC
Curso de agua principal	Vitor o Codpa
Cursos de agua tributarios	Apanza, Sibitaya, Umirpa (cabecera)
Cursos de agua natural	Codpa
Caudal o gasto promedio	100L/seg (0,1m3/s subterránea)
Cuerpos de agua total	0un
Capacidad embalsada	0 m3 (proyecto Umirpa s/a)
Embalse subterráneo	2 acuíferos s/a
Recarga subterránea	150L/seg
Superficie de humedales	Desembocadura Estuario Vitor
Superficie agrícola	Si hay. Sin antecedentes
Superficie forestal nativa	Sin antecedentes
Superficie forestal plantaciones	0
Áreas naturales protegidas	No
Uso del suelo/cobertura predominantes	Agrícola pequeña escala
Actividades económicas	Agricultura, Minería

CUENCA CAMARONES

Cuenca: Rio Camarones (excluida subcuenca de Chiza)	
Característica/Variable	**Unidad**
Localización	436379.82 m E ; 7905837.31 m S
Zona hidrográfica de chile	Zona Árida
Extensión político administrativa	1 Comuna de Camarones (y I Reg)
Superficie y cursos transfronterizos	1 (Chiza I Región)
Superficie total	2477,4 Km2
Forma de cuenca	Rectangular Paralela
Población total	567hab
Población rural	567hab
Población originaria de cuenca	Aimara
Densidad de población	0,23hab/km2
Localidades población dispersa	11
Longitud total red de drenaje	147,3Km
Precipitación media anual mensual	300mm
Temperatura media (4zonas climáticas)	19º / 5ºC
Curso de agua principal	Camarones
Cursos de agua tributarios	Chiza, Caritaya, Ajatama, Umayani
Cursos de agua natural	Camarones
Caudal o gasto promedio	400 L/s (0,4m3/s)
Cuerpos de agua total	1 embalse Caritaya
Capacidad embalsada	42,17Mm3 Caritaya
Embalse subterráneo	si, sin antecedentes
Recarga subterránea	si, sin antecedentes
Superficie de humedales	Humedal Camarones
Superficie agrícola	Si hay. Sin antecedentes
Superficie forestal nativa	0
Superficie forestal plantaciones	0
Áreas naturales protegidas	Sitio Prioritario Quebrada y Humedal Camarones
Uso del suelo/cobertura predominantes	Caja de Río, Pueblos, Embalse, Matorral, Humedal, Plantación, Agrícola
Actividades económicas	Agricultura, Minería

CUENCAS CON VERTIENTES ALTIPLÁNICAS

CUENCA CAQUENA

Cuenca: Rio Caquena	
Característica/Variable	**Unidad**
Localización	456765.98 m E ; 8036841.27 m S
Zona hidrográfica de chile	Zona Árida
Extensión político administrativa	2 Comunas de Gral. Lagos y de Putre
Superficie y cursos transfronterizos	2 Caquena y Uchusuma
Superficie total	1404,6Km2
Forma de cuenca	Oblonga Dendrítica
Población total	770hab
Población rural	770hab
Población originaria de cuenca	Aimara
Densidad de población	0,55hab/Km2
Localidades población dispersa	10
Longitud total red de drenaje	49Km
Precipitación media anual mensual	400mm
Temperatura media (1zona climat)	5ºC
Curso de agua principal	Caquena/Cosapilla
Cursos de agua tributarios	Uchusuma, Coipacoipani, Putani, Cosapilla.
Cursos de agua natural	Caquena, Uchusuma, Coipacoipani, Putani, Cosapilla.
Caudal o gasto promedio	970L/s (0,97m3/s)
Cuerpos de agua total	Varios Bofedales
Capacidad embalsada	0m3
Escorrentía subterránea	Si hay. Sin antecedentes
Recarga subterránea	705L/seg
Superficie de humedales	Caquena, Jaillave, Nasahuento, Cosapilla, Putani, Caamana, Limani, Visviri.
Superficie agrícola	No hay. Sin antecedentes
Superficie forestal nativa	Si hay. Sin antecedentes
Superficie forestal plantaciones	0Km2
Áreas naturales protegidas	35Km2 Sitio Prioritario Rinconada de Caquena, Acuíferos de vegas y bofedales.
Uso del suelo/cobertura predominantes	Bofedal, Bosque, Caja de Río, Corridas de Lava, Estepa, Glaciar, Matorral, Vegetación, Herbácea de orilla.
Actividades económicas	Ganadería

CUENCA LAUCA

Cuenca: Rio Lauca	
Característica/Variable	**Unidad**
Localización	482234.40 m E ; 7950516.00 m S
Zona hidrográfica de chile	Zona Árida
Extensión político administrativa	1 Comuna de Putre
Superficie y cursos transfronterizos	Lauca (Coipasa)
Superficie total	2406Km2 (Chile)
Forma de cuenca	Oblonga Dendrítica
Población total	163hab
Población rural	163hab
Población originaria de cuenca	Aimara
Densidad de población	0,06hab/km2
Localidades población dispersa	5
Longitud total red de drenaje	85,3Km
Precipitación media anual mensual	300mm
Temperatura media (1zona climat)	5ºC
Curso de agua principal	Lauca
Cursos de agua tributarios	Desaguadero, Vizcachani, Chusjavida, Guallatiri, Ancochalloanes, Vizcachani Quiburcanca
Cursos de agua natural	Desaguadero, Vizcachani, Chusjavida, Guallatiri, Ancochalloanes, Vizcachani Quiburcanca
Caudal o gasto promedio	2690L/s
Cuerpos de agua total	1 Laguna, Cotacotani, varias lagunas menores.
Capacidad embalsada	450Mm3 Cotacotani
Embalse subterráneo	1275Mm3
Recarga subterránea	425L/seg
Superficie de humedales	Laguna Cotacotani
Superficie Agrícola	No hay. Sin antecedentes
Superficie forestal nativa	Sin antecedentes
Superficie forestal plantaciones	0
Áreas naturales protegidas	SNASPE
Uso del suelo/cobertura predominantes	Bofedal, Bosque, Caja de Río, Corridas de Lava, Estepa, Glaciar, Matorral, Vegetación, Herbácea de orilla.
Actividades económicas	Minería, Turismo Silvestre

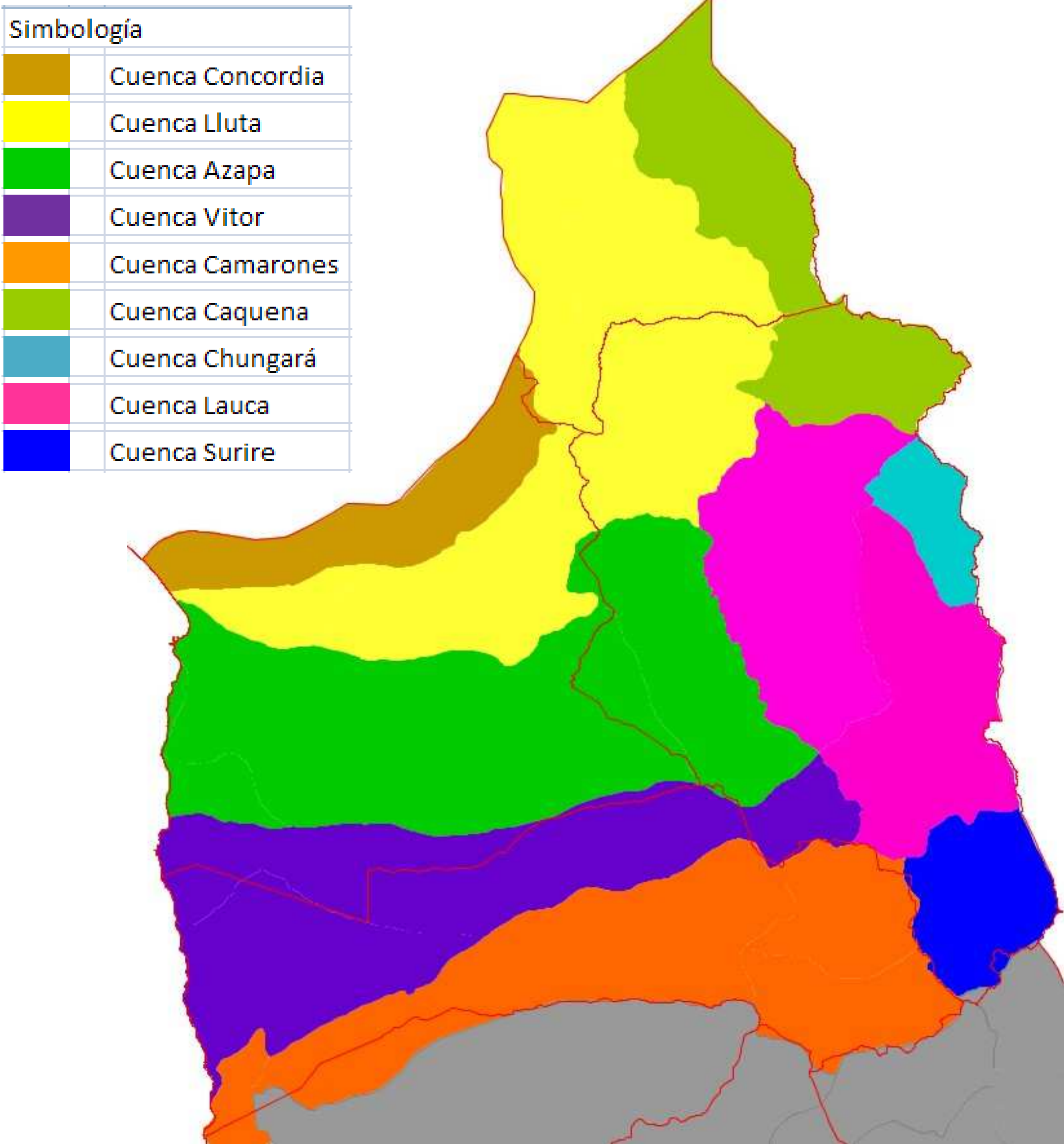
CUENCA CHUNGARA

Cuenca: Lago Chungara	
Característica/Variable	**Unidad**
Localización	483836.73 m E ; 7983539.07 m S
Zona hidrográfica de Chile	Zona Árida
Extensión político administrativa	1 Comuna de Putre
Superficie y cursos transfronterizos	0
Superficie total	282,71Km2
Forma de cuenca	Oblonga Dendrítica
Población total	58hab (funcionarios puesto fronterizo y conaf)
Población rural	58hab
Población originaria de cuenca	Aimara
Densidad de población	0 hab/km2
Localidades población dispersa	3
Longitud total red de drenaje	23Km
Precipitación media anual mensual	400mm
Temperatura media (1zona climat)	5ºC
Curso de agua principal	Quebrada Plazuela
Cursos de agua tributarios	Chungara, Sopocalane
Cursos de agua natural	Chungara, Sopocalane
Caudal o gasto promedio	669L/seg
Cuerpos de agua total	1 lago, bofedales
Capacidad embalsada	465Mm3 Chungara
Escorrentía subterránea	Si, sin antecedentes
Recarga subterránea	Si, sin antecedentes
Superficie de humedales	22,5Km2 Lg Chungara
Superficie Agrícola	0
Superficie forestal nativa	0
Superficie forestal plantaciones	0
Áreas naturales protegidas	282,71Km2Parque Nacional Lauca
Uso del suelo/cobertura predominantes	Bofedal, Corridas de Lava, Glaciar, Matorral, Vegetación, Herbácea de orilla.
Actividades económicas	Turismo Silvestre, Paso Fronterizo.

CUENCA SURIRE

Cuenca: Salar Surire	
Característica/Variable	**Unidad**
Localización	495750.80 m E ; 7917527.59 m S
Zona hidrográfica de Chile	Zona Árida
Extensión político administrativa	1 Comuna de Putre
Superficie y cursos transfronterizos	0
Superficie total	537Km2
Forma de cuenca	Oval Dendrítica
Población total	18hab
Población rural	18hab
Población originaria de cuenca	Aimara
Densidad de población	0,03hab/km2
Localidades población dispersa	1
Longitud total red de drenaje	0Km
Precipitación media anual mensual	250 - 300mm
Temperatura media (1zona climat)	5ºC
Curso de agua principal	Quebrada Huaijata
Cursos de agua tributarios	0
Cursos de agua natural	Quebrada Huaijata
Caudal o gasto promedio	660L/seg
Cuerpos de agua total	1 Salar, 8 Bofedales
Capacidad embalsada	0
Embalse subterráneo	Si hay, sin antecedentes
Recarga subterránea	Si hay, sin antecedentes
Superficie de humedales	0,11Km2
Superficie agrícola	No hay. Sin antecedentes
Superficie forestal nativa	No hay. Sin antecedentes
Superficie forestal plantaciones	0
Áreas naturales protegidas	1 - Salar Surire (Ramsar)
Uso del suelo/cobertura predominantes	Caja de Río, Corridas de Lava, Estepa, Glaciar, Matorral, Vegetación.
Actividades económicas	Minería, Turismo Silvestre

Figura Nº 2: Cuencas Regionales



Fuente: Elaboración propia en base Shp DGA

II. DIAGNOSTICO DESCRIPTIVO

Este capítulo esta basado en la información recogida del instrumento denominado "PLAN DE ACCIÓN ESTRATÉGICO PARA EL DESARROLLO HIDRICO DE LA REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA", realizado por la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas, en el año 2011.
La Región de Arica y Parinacota geográficamente se inserta en la zona árida de Chile, caracterizada de un **Clima Árido** de alta insolación y de bajas a nulas precipitaciones las cuales varían según altitud geográfica, una zona costera con alta nubosidad y baja oscilación térmica, una zona intermedia, caracterizada por una intensa radiación solar y nulas precipitaciones y la zona altiplánica con alta oscilación térmica y altas precipitaciones en época estival. Las condiciones climáticas existentes en la región determinan la condición hídrica regional denominada dentro de la **1º zona: ríos de régimen esporádico en la zona árida de Chile**, donde imperan condiciones de sequedad absoluta, con fuertes oscilaciones térmicas diarias, las lluvias altiplánicas determinan la variabilidad en la conducta de los caudales, es decir, su régimen es pluvial. A continuación se muestra la grafica del comportamiento anual del caudal rio Lluta en la estación panamericana. En donde se observa claramente el Pick en caudal o volumen para los meses de enero a marzo.

En términos de caudal o volumen los ríos y quebradas de la región se activan o ven incrementado su curso en el periodo estival asociado al fenómeno de lluvias altiplánicas según la grafica anterior muestra un incremento de 0.5 - 1 m3/Seg a 4.5 m3/Seg en el trimestre Enero a Marzo. El incremento de cerca de 3.5 m3/Seg de un mes al mes siguiente hace que la malla hídrica experimenten un abrupto incremento en su escorrentía ocasionando el colapso de muchas de ellas; en este sentido se aprecian los desbordes de caudal en ríos y quebradas tan comunes en la región en dicho periodo. La fotografía que a continuación ilustran los dos eventos que suele experimentar la región según ciclos Enso que considera el del Niño y la Niña, con intensas lluvias o sequedad absoluta.

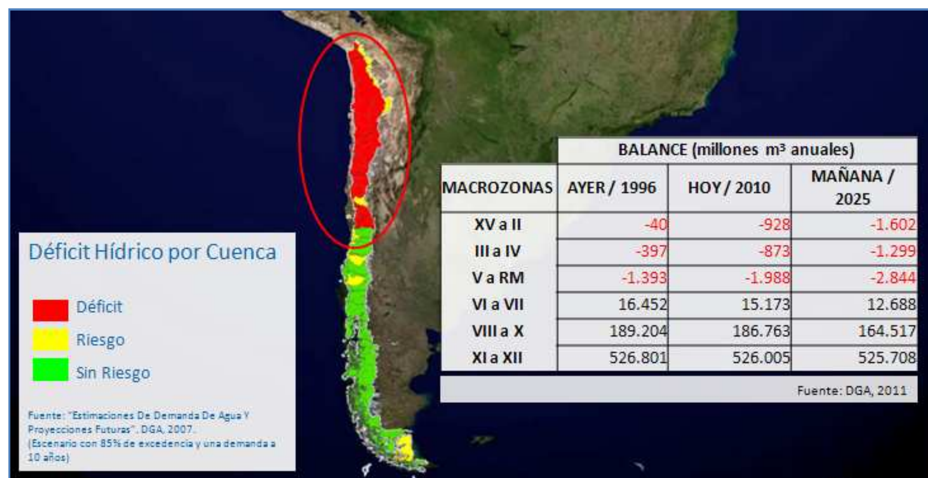
Imagen 1 y 2





Crecidas dado intensas precipitaciones meses estivales

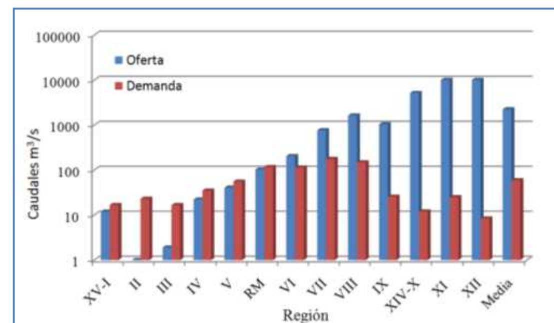
Dada la condición hidrográfica de nuestras cuencas, agregar también que las cuencas de nuestra región se encuentran en condiciones críticas según datos entregados por CNR en marzo 2013, la figura siguiente se aprecia un tabla comparativa entre regiones, destacando la zona norte del País en situación **CRITICA** o **Roja** para cuencas de vertientes pacificas en el caso de Arica y Parinacota en una situación no mejor se encuentran las cuencas altiplánicas que se grafican en color **Amarillo** o en denominación de **RIESGO**



	BALANCE (millones m³ anuales)		
MACROZONAS	AYER / 1996	HOY / 2010	MAÑANA / 2025
XV a II	-40	-928	-1.602
III a IV	-397	-873	-1.299
V a RM	-1.393	-1.988	-2.844
VI a VII	16.452	15.173	12.688
VIII a X	189.204	186.763	164.517
XI a XII	526.801	526.005	525.708

Figura Nº3 Escases de precipitación

Fuente: Estimación de Demanda de Agua y Proyecciones Futuras. 2007 DGA



Sobre la disponibilidad de agua a nivel nacional en términos de oferta y demanda la región de Arica y Parinacota se aprecia una diferencia a favor de la demanda en relación a la oferta ambiental de agua. Se aprecia en la grafica que la zona norte del país está con una sobre demanda de recursos hídricos, en estados extrema -critico las regiones de Tarapacá y Antofagasta, no obstante la región de Arica y Parinacota está en déficit, dada esta condición las cuencas que proveen agua potable y recursos hídricos para actividades como agropecuaria e industriales como es el caso de Lluta con restricción y San José en condición de prohibición según DGA para nuevos usos de aprovechamiento.

Otras condiciones de nuestra hidrografía en cuanto caudal atiende a las características fisiográficas de las cuencas, respecto principalmente a las pendientes y tipos de suelo. La región en términos morfológicos presenta cinco pisos ecológicos que van desde el borde costero con alturas desde 0 a 250 m.s.n.m. al altiplano con alturas estimadas en 4.500 a 5.000 m.s.n.m. cuya morfologías característica es de abruptas quebradas, extensas pampas y cordones montañosos de precordillera y cordillera. Otra característica es sobre los tipos de suelo, cuya característica genérica es suelo con alta salinidad y diversidad de minerales dadas a las características mineralógicas de la región, situación última que determina la calidad de agua de los ríos, los cuales son altas en Boro, Arsénico y otros minerales. En términos generales la totalidad de los curso de agua contienen concentraciones de minerales lo cual afecta a las actividades que de ella abastece como consumo humano y actividad agrícola.

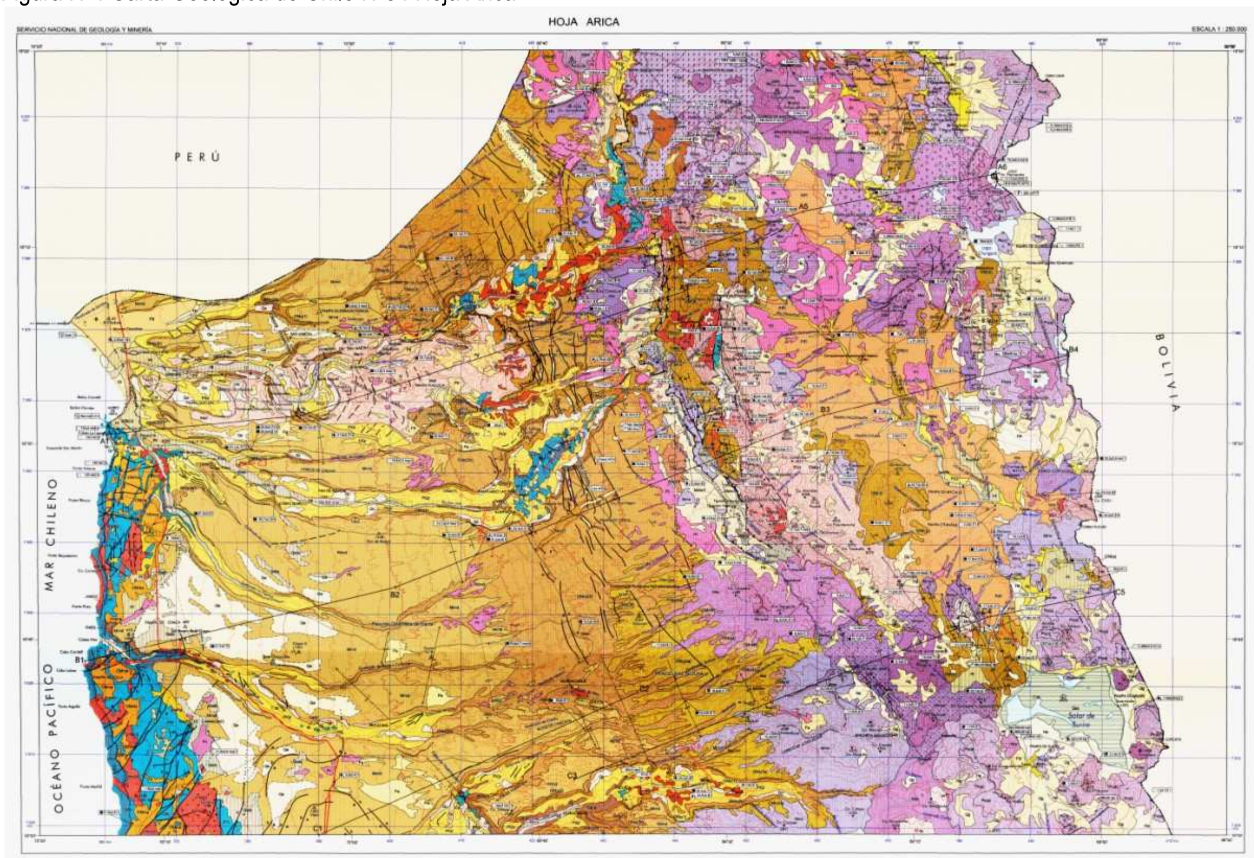
Respecto a la características fitogeográficas, cabe indicar que la región de Arica y Parinacota clasifica dentro de la biogeografía de **Biocoras de Desierto** (en lo que se refiere a vegetación, se distingue por la falta de árboles y escasos vegetales -aunque de variados tipos-, la mayoría de éstos muy dispersos y de pequeño tamaño. La extrema aridez y escasez de lluvias caracterizan su climatología). La presencia de vegetación en cuanto tipo, composición, edad densidad, etc. influyen en el caudal o escurrimiento. En este sentido la vegetación presente en la totalidad de la región es de características Xerofitas, las cuales requieren menos cantidad de agua. La formación vegetacional está condicionada a factores atmosféricos como luz, temperatura y precipitaciones y a factores suelo y pendientes, ese conjunto de variables determinan la conformación de vegetación Xerofita de Herbácea y

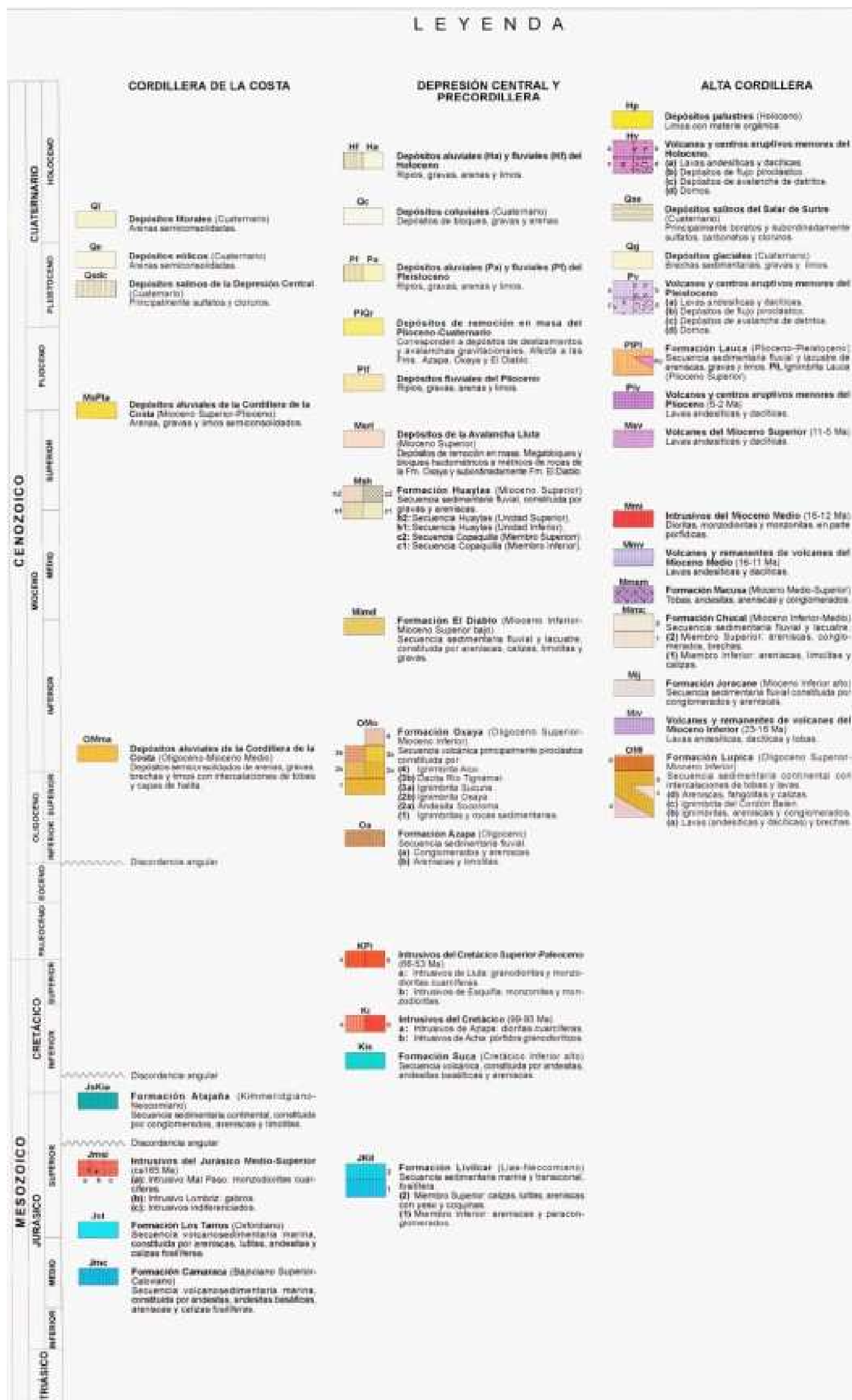
Suculentas con dos vertientes la desértica con especies como Algarrobo y Cactáceas y la tropical con especies como la Tola, Paja Brava, Bofedal, Llaretal y Queñoal, etc. esta ultima de desarrollo geográfico en el altiplano de la región.
Uno de las más importantes formaciones vegetacional son los Bofedales Hídricos ubicados en la zona altiplánica de la región cuya función es reservorio de aguas. Esta condición se da por presencia de agua gracias a las precipitaciones estivales y los deshielos de los glaciares y nieves de las cumbres de invierno. Los bofedales hídricos cumplen un función primordial para la sustentación de los ecosistemas altiplánicos (flora y fauna) y para la economía local ya que estos abastecen de forraje para los animales -alpacas y llamas- ganadería del sector. Dada la importancia caudal – ecológico la Dirección General de Aguas DGA ha protegido ciertos bofedales para asegurar en términos hídricos y mantención de ecosistemas naturales y actividades económicas de los pueblos altiplánicos.

En el contexto de lo anterior el sector de precordillera y altiplano posee de superficies cubiertas de figuras de protección ambiental SNASPE: Parque Nacional Lauca y Biosfera de Unesco, Reserva Nacional Las Vicuñas, Monumento Natural Salar de Surire y Monumento Natural Quebrada Cardones y un sin número de otras denominaciones y protecciones ambientales de menor rango como Sitios Prioritarios, las Auto Destinaciones de Bienes Nacionales y los Bofedales Protegidos por la DGA.

Con relación a la Geomorfología de la región está caracterizada por tres unidades geomorfológicas mayores, controladas por la deformación neógeno y que corresponden a la Cordillera de la Costa, el cual presenta un escarpe costero muy pronunciado, entre 500 y 1000m de altura; la Depresión Central, con un relieve caracterizado por una pendiente regular ligeramente inferior a 2 grados inclinada hacia el oeste; La Cordillera de Los Andes Occidental constituida por la Pampa Oxaya al oeste, con anticlinal suave y ancho de edad mioceno superior, y al este por la Alta Cordillera de Los Andes Occidental con una zona de deformación compresiva de edad miocena de vergencia oeste.

Figura Nº4 Carta Geológica de Chile Nº84 Hoja Arica





Fuente: SERNAGEOMIN, 2004

La región en términos de trama o malla hídrica se caracteriza por dos áreas: a) Áreas Arreicas: se asocian con cuencas que carecen de cursos de agua superficiales, o bien son esporádicos. En este caso, los drenes son absorbidos por las grandes extensiones desértica. B) Áreas Endorreicas: cuya característica fundamental es la permanencia del escurrimiento al interior de la cuenca, sin tener la posibilidad de llegar al mar. Se trata de escurrimientos esporádicos que en vez de salir de la cuenca, se almacenan en un receptáculo central, tal como un salar o una laguna como ejemplo salar de Surire o lago Chungara.

En la región podemos distinguir dos zonas bastante definidas, la occidental donde imperan condiciones de sequedad absoluta, con fuertes oscilaciones térmicas diarias, desértico donde prácticamente no cae lluvia, pero por donde cruzan valles transversales producto de los escurrimientos de aguas producidas en la zona alta de la cordillera generando dos causes permanentes que llegan hasta la costa en el Valle de Lluta y en el de Camarones. La otra zona oriental ubicada en la cordillera de Los Andes, a alturas sobre los 3500msm , se diferencia de la zona occidental por estar sometida a más bajas temperaturas y con las lluvias altiplánicas en verano, que son bastante abundantes, incluso en ocasiones torrenciales, y escasa durante el resto del año, que permite que los cauces de esta zona oriental tengan escurrimiento permanente, producto además de los depósitos de nieve que se generan en las altas cumbres de los volcanes, como también de los afloramientos de fuentes termales.

Cabe destacar adicionalmente los cursos principales del Rio San José, Rio Vítor, Rio Camarones y los Lagos interiores Chungara y las Lagunas Cotacotani. Dadas las condiciones desérticas y de alta escorrentía de los cursos de agua para los meses de lluvias y en pos de mejorar la utilización del recurso, mejorar la gestión hídrica de la región, así como también mitigar el efecto de las crecidas en meses estivales, el Ministerio de Obras Publicas y Comisión Nacional de Riego tiene en su cartera de proyectos infraestructura de embalses y entubamiento de aguas. La imagen a continuación detalla las intervenciones del Plan Regional Hídrico:

Figura Nº5 Plan Hídrico



- Diseño de embalse Livilcar
- Etapa de Evaluación Ambiental al proyecto Embalse Chironta
- Estudio Factibilidad del Embalse Umirpa
- Entubamiento canal Azapa
- Formación juntas de vigilancia
- Proyecto planta desaladora

Fuente: Presentación digital del Plan de Acción Estratégico para el Desarrollo Hídrico de la Región de Arica y Parinacota. MOP-DGA 2011.

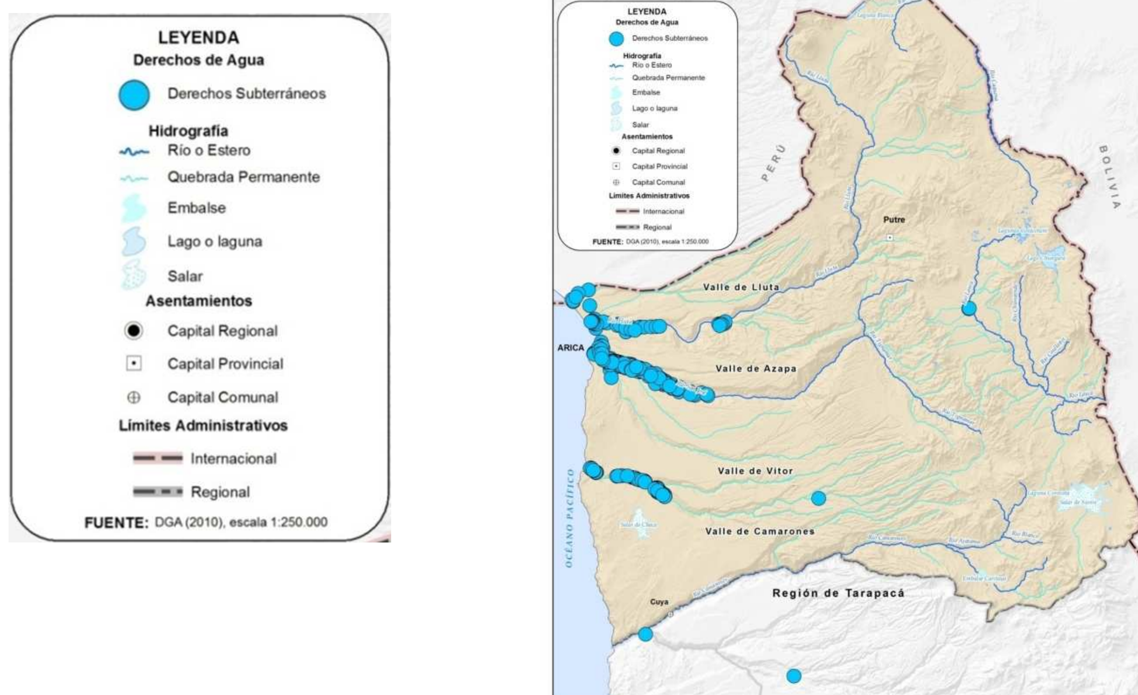
La región cuenta de nueve cuencas hidrográficas con sus propias características hidrológicas que se detallaron en los capítulos precedentes, no obstante para la visión regional cabe señalar que las cuencas de Lluta y Azapa o San José son las de mayores usos – usos intensivos, en estas se desarrollan las actividades agrícolas - pecuarias y de uso urbano -la ciudad de Arica- e industrial. Ambos acuíferos tienen denominación de restricción y prohibición, respectivamente, por la DGA, ello implica, la restricción para la extracción de aguas subterráneas, esta situación implica el no otorgamiento de nuevos derechos de usos de agua dado la situación escases hídricos y sobreexplotación de los acuíferos, esta medida de regulación asegura usos y aprovechamientos según demandas actuales. No obstante para las cuenca de la Concordia, se proyecta un uso intensivo en términos agroindustriales para el mediano plazo dada la licitación de terrenos fiscales a fines agroindustriales, para el caso de cuencas de Vítor y Camarones hay que destacar el rol productivo agropecuario del valle de Chaca y Codpa ubicados en la cuenca de Vitor, que en términos de escala de análisis del documento no se aprecia su importancia, pero que en términos de economía local es muy significativo su aporte. Para la cuenca altiplánicas, destacar usos de índole ambiental justificada por las áreas de protección ambiental antes indicadas, como también los usos agrícolas y pecuarios en particular de camélidos vinculado a la ocupación en extensión del territorio lo que incide con la ocupación con asentamientos humanos dispersa. Para los principales asentamientos poblados, como caso de Putre, Visviri, Codpa el uso más relevante es de servicios y el desarrollo del cordón de pre cordillera y subcuenca Tignamar su uso primordial es de pequeña agricultura, aún cuando existen vestigios que muestran que hubo un uso más intensivo en épocas pasadas.

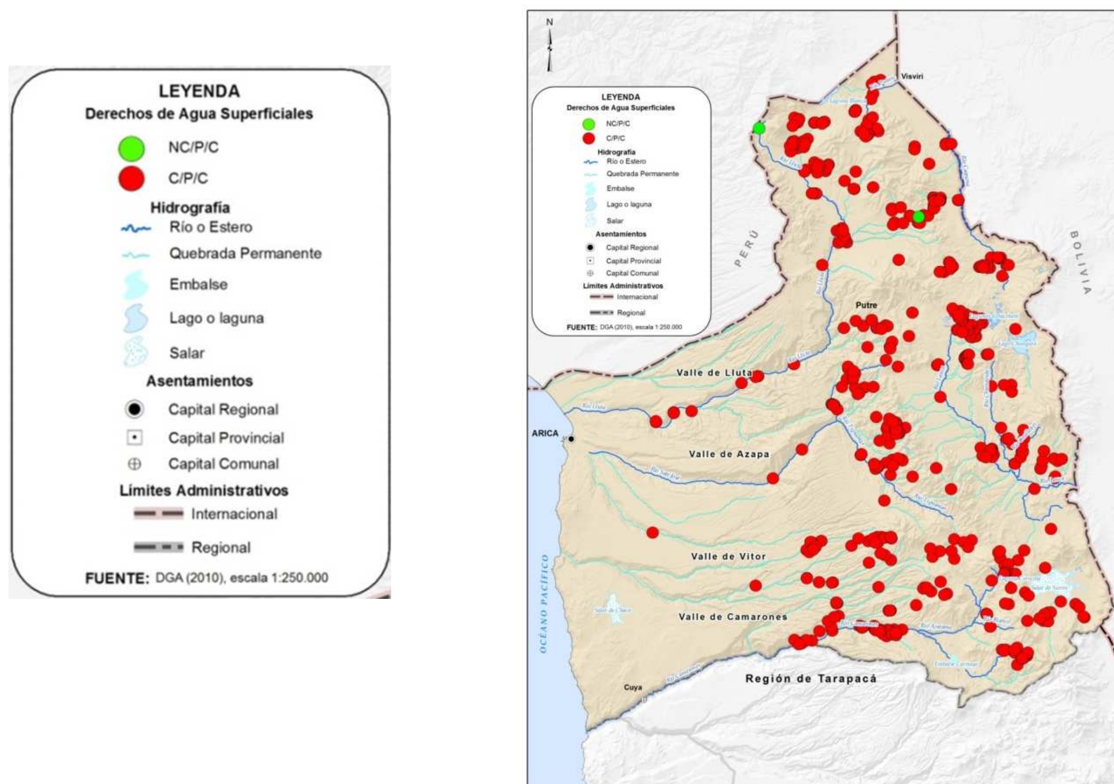
Considerando los escasos recursos hídricos superficiales, en la región se ha desarrollado un uso bastante intensivo de los acuíferos subterráneos, estos no necesariamente concuerdan con las cuencas superficiales, la DGA ha desarrollado estudios sobre aquellos que tienen una mayor demanda, siendo estos los de Lluta, Azapa y en menor grado las altiplánicas, con relación a las de Camarones y Vitor, la información es casi inexistente.

Es así que podemos apreciar una alta concentración de constitución de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas en las zonas bajas de las cuencas occidentales, en las zonas en que se ha venido desarrollando la demanda por la agricultura, en algunos casos intensivos como el valle de Azapa, los acuíferos se encuentra sin disponibilidad.

En el caso de los recursos hídricos de las cuencas orientales del Altiplano, solo el acuífero en la cuenca del Lauca ha sido estudiado, los otros acuíferos no disponen de información, y se consideran con disponibilidad, sin determinación de recarga.

Figura Nº6 Derechos de Agua Subterráneos y Superficiales





Fuente: Plan Regional de Infraestructura y Gestión Recursos Hídricos – 2011 DGA MOP

En las figura precedentes se muestran los puntos sobre los cuales existen derechos de aprovechamiento de aguas, incluyendo las superficiales y subterráneas. En la figura de las solicitudes de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas constituidos en la Región de Arica y Parinacota. Se aprecia una concentración de derechos en las zonas bajas de las cuencas de Río Lluta, San José y Quebrada de Vítor, donde existe una mayor demanda por uso agrícola. Por otra parte, en la otra figura se presenta la distribución de los derechos de aprovechamiento de aguas superficiales constituidos en la Región, se aprecia una concentración de derechos en las zonas altiplánicas, asociados al Área de Desarrollo Indígena (ADI).

En el Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021 Región de Arica y Parinacota encontramos la siguiente tabla que presenta una síntesis de la disponibilidad de recursos hídricos para las principales cuencas de la región. En este cuadro se presenta una estimación del caudal (Q) con probabilidad de excedencia de 85% (P85%) y la recarga estimada, el primero asociado a los derechos superficiales permanentes y la segunda a la disponibilidad de agua subterránea. De la misma tabla se aprecia que sólo existiría disponibilidad hídrica en las cuencas altiplánicas.

Cuadro Nº3 Recursos Hídricos

CUENCA	TIPO DE RECURSO	Q P85% y/o RECARGA ESTIMADA	DISPONIBILIDAD
Quebrada de la Concordia	Subterráneo	52 L/s	Sin Disponibilidad
Río Lluta	Superficial y Subterráneo	1.100 L/s y 460 L/s	Sin Disponibilidad
Río San José	Superficial* y Subterráneo	600 L/s y 700 L/s	Sin Disponibilidad
Quebrada Vítor	Superficial y Subterráneo	100 L/s y 106 L/s	Sin Disponibilidad
Río Camarones	Superficial y Subterráneo	300 L/s y S.I.	Agotada
Altiplánicas	Superficial y Subterráneo	2.900 L/s y 400** L/s	Con disponibilidad

Fuente: Plan Regional de Infraestructura y Gestión Recursos Hídricos – 2011 DGA MOP

En este Plan además se incorporó un diagnóstico de demanda la cual se ha definido a partir del estudio Estimaciones de Demanda de Agua y Proyecciones Futuras, el cual ha permitido disponer de información de la situación actual y futura de las demandas de este recurso en dichas zonas, para diferentes usos, a nivel regional, de cuencas y subcuencas. En particular, se estimaron las demandas futuras para horizontes de 10 y 25 años, identificando zonas críticas, ya sea por escasez del recurso o por uso intensivo del mismo planteando las recomendaciones que permitan oportunamente reducir o eliminar los efectos que podrían imponer al desarrollo económico y social, las restricciones sobre la disponibilidad del recurso en el área de influencia de este trabajo. Esto es lo correspondiente a la Región de Arica y Parinacota:

Cuadro Nº4 Uso del Agua

USO	CAUDAL (m^3/s)
Agropecuario	5,265
Consumo Humano y Otros	0,456
Industrial	0,247
Minero	0,000
Energía	0,007
Forestal	0,000
Acuícola	0,000
Turismo	0,006
CAUDAL ECOLÓGICO	0,336

Fuente: Plan Regional de Infraestructura y Gestión Recursos Hídricos – 2011 DGA MOP

En el año 1993 la DGA comenzó a realizar estudios para identificar y ubicar áreas de vegas y bofedales y delimitar sus acuíferos alimentadores, esto llevó a que en 1996 se dicta la Resolución DGA N° 909 la cual delimitó los acuíferos. Esto implica que aspectos condicionan o restringen el uso del recurso hídrico, en dichas áreas no es posible autorizar exploraciones de aguas subterráneas ni constituir derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas si no se cuenta previamente con una evaluación ambiental favorable. El acuífero del valle de Azapa es actualmente un área de prohibición para nuevas extracciones de acuerdo con la Resolución N°202 del 19-03-1996.



Se considera a continuación un enfoque Ecosistémico, desde un cambio de paradigma en la gestión ambiental del estado respecto de los recursos hídricos: “El ecosistema es el conjunto de elementos bióticos (organismos vivos) y abióticos (factores físicos, químicos, geológicos, etc.,) que interactúan entre sí, entre los cuales existe una alta dependencia”.

Con relación a los servicios Ambientales asociados a los ecosistemas hídricos, contamos con el trabajo realizado por la Secretaría Regional Ministerial de Medio ambiente que desarrollo el estudio “Diagnóstico de los Servicios Ecosistémicos asociados a los Sistemas Hídricos de Chile”, en la cual caracterizó estos ecosistemas, categorizándolos y agrupándolos según la siguiente división de unidades proveedoras de servicios ecosistémicos:

Cuadro Nº5 : Categorías Ecosistemas

Categoría / agrupación	Nombre / Ecosistemas considerados
Salares	Surire, Colpitas, pampa camarones, Chaca, Acha,
Lagos , lagunas y embalses	Lago Chungará, Lago Cotacotani Embalse Caritaya, Laguna Casiri, Laguna Colorada, Laguna Blanca, Embalse de Central Chapiquiña, Laguna Caracota,
Bofedales , vegas y sus alfuentes (complejos de bofedales)	Caracarani, Colpitas, Putani-Visviri, Cosapilla-Guacoyo, Caquena-Lagunillas, Parinacota-Chucuyo, Chungará, Surire, Churiguailla, Chivatambo, Parcohaylla, Timalchaca, Mulluri, Caracota, Umirpa, Ancuta, Misitune-Viscachani, Guallancayane, Ancolacane, Paquisa, Guallatire-Ungalliri
Aguas hidrotermales	Aguas calientes Tacora, Colpitas, Las Cuevas, Jurasi, Lauca pozos 6 y 8, Morales, Untapujo, Churihuayas, Ungalliri, Polloquere, Chitune, Chapiquiña
Acuíferos	Río San José, río Lluta, Concordia, Camarones, Chaca-Vítor, Lauca
Ríos, quebradas y canales	Río San José (río Ticnamar), río Lluta , río Colpitas, río Azufre, río Camarones, Quebrada Chaca, Quebrada Vítor, río Caquena, Sistema Canales Lauca-Azapa
Estuarios	Río Lluta, río San José, río Vítor, río Camarones
Otros espacios costeros (ambiente marino costero)	Acantilados costeros, playas de arenas
Sistemas artificiales	Sistema canales Lauca-Azapa

Fuente: MMA

En este estudio se identifico además las funciones o servicios ecosistémicos a nivel de estos ecotopos o unidades territoriales, estas funciones/servicios fueron agrupadas en cuatro grandes grupos los cuales son: “Provisión”, “Regulación”, “Culturales” y “Soporte”. Con esta clasificación se realizó un territorialización de las presiones vinculadas a la calidad y cantidad de los servicios ecosistémicos presentes en el territorio de la región.

El estudio establece además un diagnóstico para los ecotopos, desde una Percepción del Estado Ambiental de las UHPS o ecoptopos, la cual se divide en cuatro clasificaciones: No intervenida, Poco Intervenida, Intervenida, Deteriorada, y que se puede apreciar en el cuadro siguiente:

Cuadro Nº6 Estado Ambiental Unidades Ecosistémicas

PERCEPCIÓN DEL ESTADO AMBIENTAL DE LAS UHPSE	
NI: No Intervenido	
PI: Poco Intervenido	
I: Intervenido	
D: Deteriorado	
UHPSE	**NOMBRE**
Salares	PI: Colpitas, Pampa Camarones, Chaca, Acha. I: Surire
Lagos, Lagunas y Embalses	NI: Laguna Casiri, Laguna Colorada, Laguna Caracota. PI: Lago Chungará, Laguna Cotacotani, embalse Caritaya, embalse de Central Chapiquiña. I: Laguna Blanca.
Bofedales, Vegas y sus afluentes (complejos de bofedales)	PI: Caracarani, Colpitas, Putani-Visviri, Cosapilla-Guacoyo, Caquena-Lagunillas, Parinacota-Chucuyo, Chungará, Surire, Churiguailla, Chivatambo, Parcohaylla, Timalchaca, Mulluri, Caracota, Umirpa, Ancuta, Misitune-Viscachani, Guallancayane, Ancolacane, Paquisa, Guallatire-Ungalliri. I: Caquena, sector sur. D:
Aguas Termales	NI: Colpitas, Lauca pozos 6 y 8, Morales, Untapujo, Churihuayllas, Ungalliri, Chitune, Chapiquiña. PI: Jurasi, Las Cuevas, Polloquere, Aguas Calientes (Tacora).
Acuíferos	NI: Lauca. PI: Río Lluta, Concordia, Camarones. D: Chaca-Vitor, Río San José.
Ríos, Quebradas y Canales	NI: Río Colpitas, Río Caquena. PI: Río Ticnamar, Río Camarones. I: Río San José, Río Lluta, Sistema Canales Lauca-Azapa, Quebrada Chaca-Vitor. D: Río Azufre.
Estuarios	PI: Río Lluta, Río Camarones. I: Río Vitor. D: Río San José.
Otros espacios costeros (ambiente marino costero)	NI: Acantilados costeros. PI: Playas de arenas.

Fuente: MMA

Por último este informe concluye con una priorización para el tratamiento de algunas de estos ecotopos:

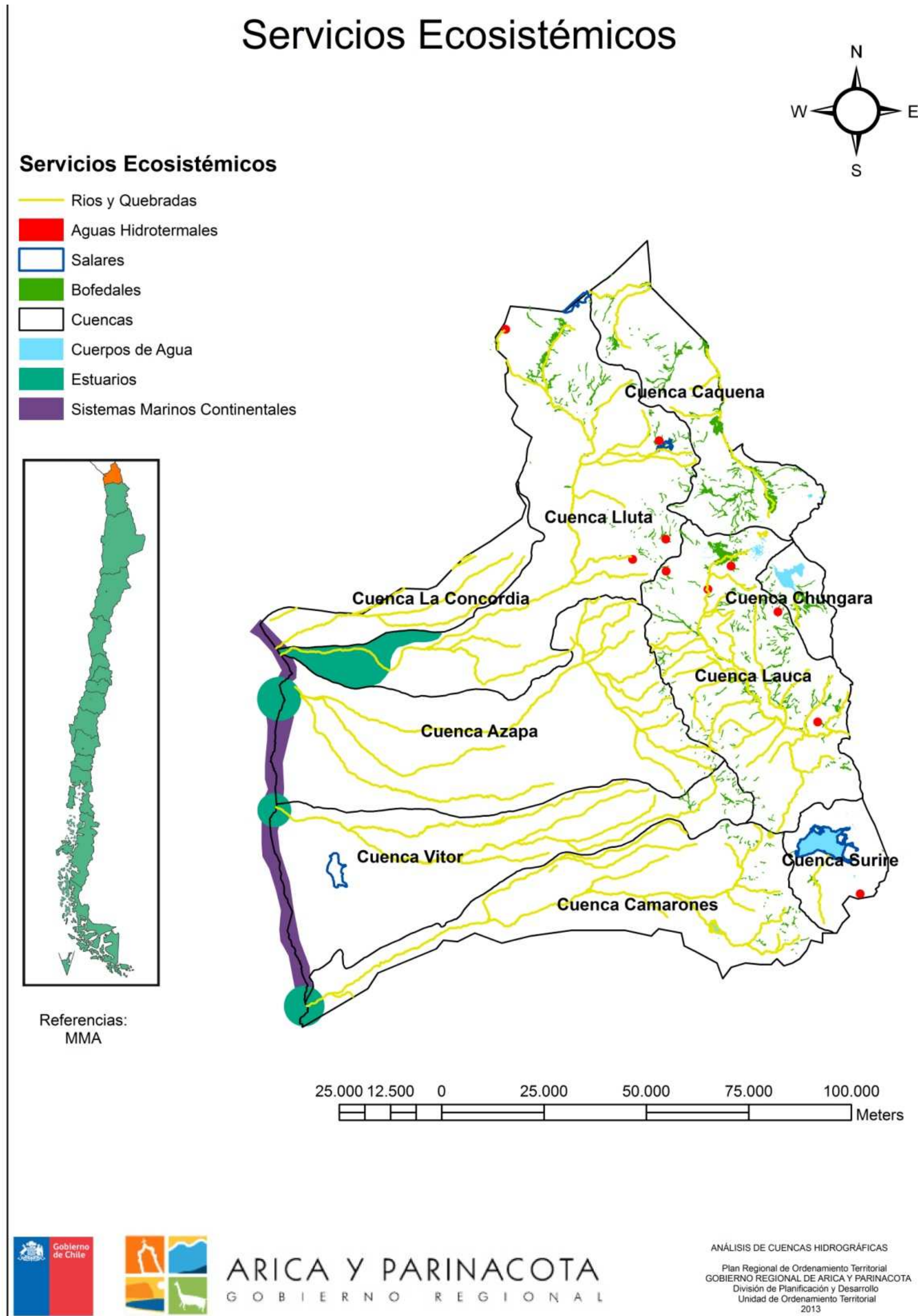
Cuadro Nº7 Priorización Ecotopos

PRIORIZACIÓN	
Criterios de Priorización	1.- Servicios ecosistémicos: • Provisión de agua potable para consumo (ciudad de Arica) • Regulación climática de otros ecosistemas acuáticos. • Provisión de agua para otros usos (riego). • Soporte de la Biodiversidad. 2.- Nivel Presiones: • Extracción de aguas (agricultura, sanitaria). • Pérdida de calidad de aguas (salinización, agroquímicos).
Nivel de Priorización	1.- Acuífero Río San José. 2.- Sistema Canales Lauca-Azapa. 3.- Bofedales, Vegas y sus afluentes (complejos de bofedales) poco intervenidos. 4.- Acuífero Chaca-Vitor. 5.-Desembocadura del Río Lluta. 5.- Desembocadura del Río Vitor.

Fuente: MMA

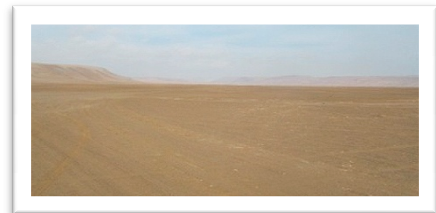
Conjugando la información que nos entrega este estudio con información recolectada de CONAF, DGA, y de generación propia, se ha generado la cartografía de los Servicios Ecosistémicos de la región, la cual se presenta a continuación.

Figura Nº7



Fuente: MMA, CONAF, DGA, elaboración propia.

CUENCAS CON VERTIENTE AL PÁCIFICO



CUENCA HIDROGRAFICA CONCORDIA

a) Caracterización Física Geográfica de la Cuenca Hidrográfica

a.1. Dimensión Climatológica

La cuenca Concordia limita por el norte con la republica del Perú y al sur con la cuenca de rio Lluta. Climatológicamente la cuenca se desarrolla en la clasificación Koppen de BWn, desértico costera con nubosidad abundante, comprende la faja que va desde el litoral hacia el interior hasta aproximadamente 850 M.S.N.M. las precipitaciones son prácticamente inexistentes y la temperatura media anual se ubica entre los 17 ºC y los 19ºC; BW desértico normal comprende el sector ubicado desde los 800 a los 2800 MSNM. Los montos anuales de precipitación quedan comprendidos entre 1 y 10 mm, en cuanto a las temperaturas, se caracteriza por un descenso gradual acorde con el aumento altitudinal y varía entre los 10ºC y 18ºC; desierto marginal de altura BWH, cubre los 2800 a 4000 mts de altura, las precipitaciones toman valores anuales de 50 y 200 mm concentrados en los meses de Diciembre a Marzo y las temperaturas entre 0º y 10ºC.

a.2. Dimensión Geológica – Geomorfológica

Hidrogeológicamente, la zona de la Concordia está situada en una fosa tectónica producida por un sistema de fallas que han originado una tectónica de bloques con rumbo entre Nº17W y Nº32W y buzamiento hacia el norte. Además, otro sistema de fallas ha provocado el desaparecimiento de la cordillera de la costa. Las rocas que dominan estas hoyas corresponden al tipo volcánicas del mioceno-plioceno de carácter riolitico que forman parte de la llamada localmente formación de Oxaya. Respecto al relleno del valle, este corresponde a sedimentos marinos, principalmente conglomerados, areniscas, y limonitas pardas oscuras con intercalaciones de concha que engranan hacia la desembocadura con gravas, arenas, limos y ceniza volcánica

Cuenca compartida con el Perú, para el territorio nacional no se observa vegetación de ningún tipo y desde el punto de vista hidrológico se puede indicar que la Quebrada no se encuentra en régimen natural, ya que las aguas superficiales son utilizadas en la zona alta, dentro del Perú, para el riego agrícola. En cualquier caso, dentro del territorio nacional la quebrada no presenta flujos superficiales, y de acuerdo con informes regionales, en los últimos 25 años sólo se habría producido un evento de escorrentía superficial, pero que no correspondería a una crecida natural, sino más bien, al desvío de aguas a través de la quebrada durante un período de intensas lluvias en la zona sur del Perú.

Espacialmente, el relleno de la desembocadura de la Quebrada Escritos tiene continuidad hacia el sur, hasta el sector de la Quebrada de Gallinazo y la desembocadura de la cuenca del río Lluta, y hacia el norte, en el Perú, hasta las Quebradas de Hospicio y del río Caplina. Esta planicie corresponde a una unidad de pequeñas dimensiones y potencialidad hidrogeológica.

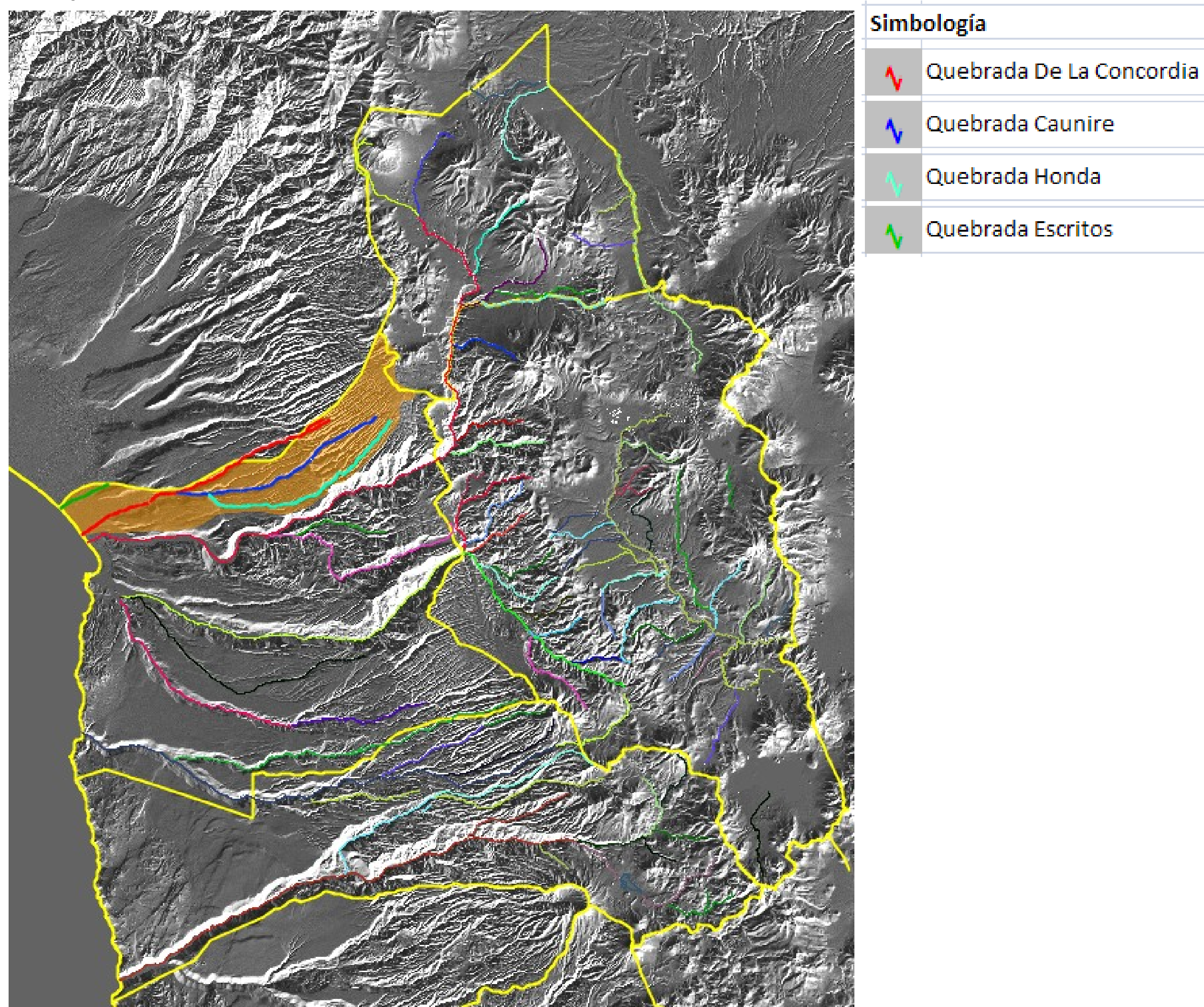
b) Límites y características de los principales cursos y cuerpos de agua de la cuenca

En términos hidrográficos esta cuenca tiene dos quebradas las cuales son solo de escurrimiento subterráneo, la de Escritos y de la Concordia. La quebrada de “Escritos” tiene sus cabeceras y desembocadura en territorio chileno sin embargo la mayor parte de la hoya se desarrolla en territorio peruano, de sus 408 km2 de superficie, 85 km2 corresponden a Chile, limita al norte con las hoyas del rio Caplina y la quebrada de Hospicio, ambas en territorio peruano, al oriente con la cuenca superior del Lluta y al sur con la quebrada de la Concordia.

La quebrada de la “Concordia” tiene una extensión de 772km2 y limita al norte con la quebrada de Escritos, al sur y oriente limita con el rio Lluta. Su cabecera se encuentra en la parte occidental de la sierra de Huylillas entre los cerros Lampallares y altos de Puquios. Su longitud es de 48 km y se junta a la quebrada principal en el curso inferior a 15 km del mar, esto implica que de los

772 km2 totales de superficie que posee, a Chile le corresponden aproximadamente 631 km2. Por la ribera sur llega el afluente principal de la quebrada de Gallinazos cuya nacientes se encuentran cerca de Puquios en pampa Colorada. Desarrolla su curso casi paralelo al principal en una extensión de aproximadamente 46 km hasta su junta a 22 km del mar. La quebrada de Gallinazos tiene a lo menos dos quebradas tributarias por su ribera norte y otras por su ribera sur, de estas últimas la quebrada Honda es la de mayor significación y todos sus afluentes son normalmente secos.

Figura Nº8 Cuenca Concordia



Fuente: Elaboración propia en base información DGA.

c) Inventario de recursos Hídricos Superficiales y Subterráneos

En la zona de la Concordia no hay cursos de agua superficiales, las quebradas han permanecido secas desde hace muchas décadas, y solo se han presentado casos extraordinarios en escasas ocasiones por algún fenómeno climatológico infrecuente, las tres principales quebradas son la Caunire (con inicio más oriental), Honda (sur) y Concordia (norte), en su tramo más occidental al aproximarse al océano, se pasa a denominar Gallinazos.

Sin embargo concurren dos corrientes de aguas subterráneas, la provenientes desde territorio peruano del rio Caplina (Yarada) por el noreste, bajo un gradiente hidráulico de aproximadamente de 1.1 por mil, y otra de la cuenca del rio Lluta por el sudeste

escurriendo bajo un gradiente hidráulico entre 2 a 8 por mil. La calidad de las aguas avalan estas fuentes de recarga ya que según los análisis de muestras de las aguas situados al norte proporcionan agua de buena calidad y los situados hacia el sur bajo el rio Lluta se caracterizan por su contenido salino.

Existe escasa información respecto de la calidad de agua, y ésta indica que en algunos sectores del acuífero el contenido de Cloruros y el total de sólidos disueltos presentan restricciones para uso potable y riego. Espacialmente, ambos parámetros disminuyen su concentración al alejarse de la costa y en dirección sur a norte, tal que las aguas de pozos ubicados a distancias menores de 1000 metros de la costa y al sur de la coordenada UTM N 7.971.000, presentan contenidos de sólidos disueltos totales por sobre 1.000 mg/l. Similar comportamiento presenta el contenido de cloruros y su límite de 250 mg/l. Lo anterior se debería en parte a la influencia desde el sur de recargas provenientes de la cuenca del río Lluta, caracterizadas por su alto contenido salino, y desde el norte por aportes de buena calidad de cuencas costeras situadas al norte del límite con el Perú. Los datos también indicarían una significativa vulnerabilidad a la intrusión salina, la que debiera ser considerada con mayor preocupación en la medida que se aumente el nivel de explotación del acuífero, el monitoreo de niveles de los últimos 40 años muestra un sistema prácticamente en condición natural, sin mostrar efecto alguno de los escasos usos actuales.
Para el tema del balance hídrico, no hay estudios ni registros detallados sobre esta cuenca, que tradicionalmente ha permanecido sub utilizada, por lo que no se puede determinar aún el balance hídrico, existe un proyecto de entrega de tierras en esta zona, para lo cual se harán estudios preliminares.

d) Ecosistemas

En la actualidad solo se tiene antecedentes o registros del Acuífero Concordia como ecosistemas ubicados en esta cuenca, que presta servicio de Provisión de Agua Potable y pronto entrará en función Agua para riego. Se reconoce relevancia del borde costero

e) Uso y Tenencia del Agua

Desde el punto de vista administrativo, hubo una reserva de agua a favor del fisco por 200 l/s. Decreto N°1026 de fecha 14 de abril de 1970, firmado por el Presidente de la Republica Sr. Eduardo Frei Montalva, reserva a favor del fisco con un caudal de 200 L/seg de la napa subterránea de la zona de La Concordia, para destinarlo a la bebida, saneamiento y usos domésticos de los habitantes de la ciudad de Arica, el cual ha sido derogado recientemente por el Presidente Sebastián Piñera, por Decreto Nº229 el 20 de Junio de 2011 redestinándolos para uso agrícola, como se menciona en punto a). Por otra parte, existen también derechos constituidos por 8 l/seg a la Dirección de Aeronáutica y 15 l/seg a la empresa ZOFRISA.

Lo indicado establece una condición especial que limita la disponibilidad para nuevos derechos, sin embargo, en la práctica actualmente esta reserva no tiene factibilidad de uso para el agua potable de Arica, según se consigna en su destino, debido a condicionantes de tipo económicas ya que la ciudad de Arica se encuentra a una distancia de 13 km y la calidad de las aguas podría imponer la necesidad de tratamiento con desalinización para su utilización, aunque como se expuso previamente, estas aguas subterráneas provienen del acuífero del Caplina, que no presenta índices de salinidad, siendo usada actualmente en el Aeropuerto de Chacalluta y el loteo Industrial ZOFRISA sin inconvenientes, a diferencia de las del acuífero de LLuta que se encuentra en el límite sur de la cuenca.

- **Uso Agropecuario**

En esta cuenca actualmente no existen usos pecuarios, ni de aves, como tampoco de agua para riego en cultivos de tipo anual, hortalizas, frutales y praderas, sin embargo hay una demanda para abastecer el proyecto agrícola “Pampa Concordia, involucra 1025Ha y está siendo llevado adelante por el Ministerio de Bienes Nacionales, apoyado por otros ministerios involucrados. Para que esta iniciativa fuera viable ha sido necesario que el Presidente de la República derogara el decreto Nº1026 de 1969 que entregaba derechos de aguas al ejercito, pudiendo de esta forma contar con esos recursos hídricos subterráneos y destinarlos para la agricultura. Con estas aguas se pretende regar a lo menos 200Ha, el resto del agua se pretende obtener de aguas servidas tratadas de la ciudad de Arica, de la cuenca del LLuta, o de plantas desaladoras de agua de mar.

- **Uso Agua Potable**

Existe actualmente uso para abastecimiento de agua potable actualmente en esta zona, para el Aeropuerto Chacalluta dependiente de la Dirección de Aeronáutica y para el loteo industrial administrado por la empresa ZOFRISA, en el camino de acceso al aeropuerto, ubicados en la zona baja de la cuenca.

- **Uso Industrial**

Como se menciono previamente en la zona baja de la cuenca se ha instalado un loteo industrial completamente urbanizado, destinado a instalaciones industriales que demandan recursos hídricos en esta cuenca.

- **Uso Minero**

De acuerdo con la información disponible, para esta cuenca no se encontró explotación minera alguna, por lo que no existen recursos hídricos asociados al uso minero. Pero si existen concesiones mineras que pueden provocar alguna demanda futura.

- **Uso Generación de Energía**

No existen caudales para poder generar energía hidroeléctrica. Recientemente en el aeropuerto Chacalluta se ha instalado una pequeña planta fotovoltaica, la cual cubre parcialmente la demanda de esta instalación aeroportuaria, demostrando el alto potencial de radiación solar disponible en la región, y que es aún superior en las zonas intermedias y pre cordillera de la cuenca.

- **Uso Forestal**

En esta cuenca no existen demandas de riego asociadas a especies forestales.

- **Uso Acuícola**

No hay antecedentes de la existencia de concesiones o autorizaciones para desarrollar actividades acuícolas en los cauces de la zona.

- **Uso Turismo**

No hay antecedentes de actividades asociadas al turismo que sean relevantes en los cauces de la zona. No obstante cabe mencionar que en esta cuenca se ubican dos puntos de acceso relevantes como son el aeropuerto de Chacalluta y el paso fronterizo Chacalluta que constituye el principal vinculo terrestre con Perú y por ende en ambos casos el ingreso y salida de turistas.

- **Uso Receptor de Contaminantes**

No hay antecedentes de la existencia de descargas a cuerpos superficiales significativas en esta cuenca. Solo se encuentran dos plantas de tratamiento de aguas servidas, para el aeropuerto y el loteo industrial.

- **Uso Caudal Ecológico**

No hay escurrimiento permanente que permita definir un caudal ecológico



CUENCA HIDROGRAFICA DEL LLUTA

a) Caracterización Física Geográfica de la Cuenca Hidrográfica

a.1. Climatología

La cuenca de rio Lluta se desarrolla desde costa a altiplano abarcando los cinco pisos ecológicos, su ubicación relativa por el norte limita con la cuenca de la Concordia y por el sur con la cuenca del San José y por el este por la cuenca altiplánica del río Caquena.

Climatológicamente la cuenca es de tipo desértico con todas sus variantes, es decir, desértico costero, desértico de interior o normal y desértico de altura. Este clima se caracteriza principalmente por escasez de precipitaciones, las cuales se limitan a las áreas superiores de la cuenca en el sector cordillerano. Estas últimas con una media anual de 200 mm (precordillera) y en su parte bajo decrece a 10 mm en cercanías a la costa, las precipitaciones se concentran en temporada estival producto del llamado invierno Altiplánico. La temperatura media anual registrada en el sector bajo de la cuenca, es de 19,1ºC y, en el sector alto es de 8,4ºC. La variabilidad que presenta la cuenca entre ambos sectores, es de 10,7ºC.

a.2. Geología – Geomorfología

La hidrogeología de la cuenca se caracteriza por la presencia de formaciones cuaternarias que consisten en las siguientes unidades: A) Depósitos fluviales que abarcan principalmente los tramos medios y superiores del Valle del Bajo Lluta. El espesor total de la formación se estima en 200 m aproximadamente. Estos depósitos se dividen en tres unidades: superior, media e inferior. Las unidades superior e inferior se componen principalmente de capas de grava con un diámetro de 5 a 30 cm. Por otra parte, la unidad media consiste en capas impermeables de toba. La matriz de los depósitos está rellenada principalmente con limo y arena muy fina originada de las cenizas volcánicas. Esto disminuye la permeabilidad de los depósitos; B) Depósitos detríticos que consisten en sedimentos de talud, sedimentos de ladera y sedimentos de abanico. Los sedimentos de talud y ladera se componen de clastos de diferente tamaño. Los sedimentos de abanico se componen principalmente de limo y arena. Estos depósitos se distribuyen en las faldas de la cordillera. C) Toba pumícea que consiste en ceniza volcánica y pumita, se distribuye en Gallinazos y Apacheta, en los tramos inferiores del valle del Bajo Lluta. La permeabilidad se considera reducida.

Geológicamente en las partes altas de la cuenca (sobre 4.000 m) se pueden evidenciar cordones pre altiplánicos con aporte de materiales volcánicos del terciario y cuaternario, produciendo aterrazamiento. El anegamiento lacustre que experimentó esta zona, unido a la intensa meteorización de materiales superficiales, ha creado una cubierta detrítica sobre planos inclinados, con materiales de gravas y gravillas, es decir material grueso. Las cuencas intermontañas localizadas entre los cordones pre altiplánicos están anegadas por sedimento piroclástico y lávico Entre los 3.000 y 1.500 m s.n.m. se encuentran pediplanos y sistemas de glacis o pediments, que se dividen en dos sectores: entre los 2.500 m y 3.000 m. La sección superior corresponde a un plano inclinado sobre roca fundamental meteorizada. La sección inferior entre los 1.500 y 2.500 m está constituida por una cubierta de arenas gruesas y finas, en tránsito de escurrimiento hacia las pampas.

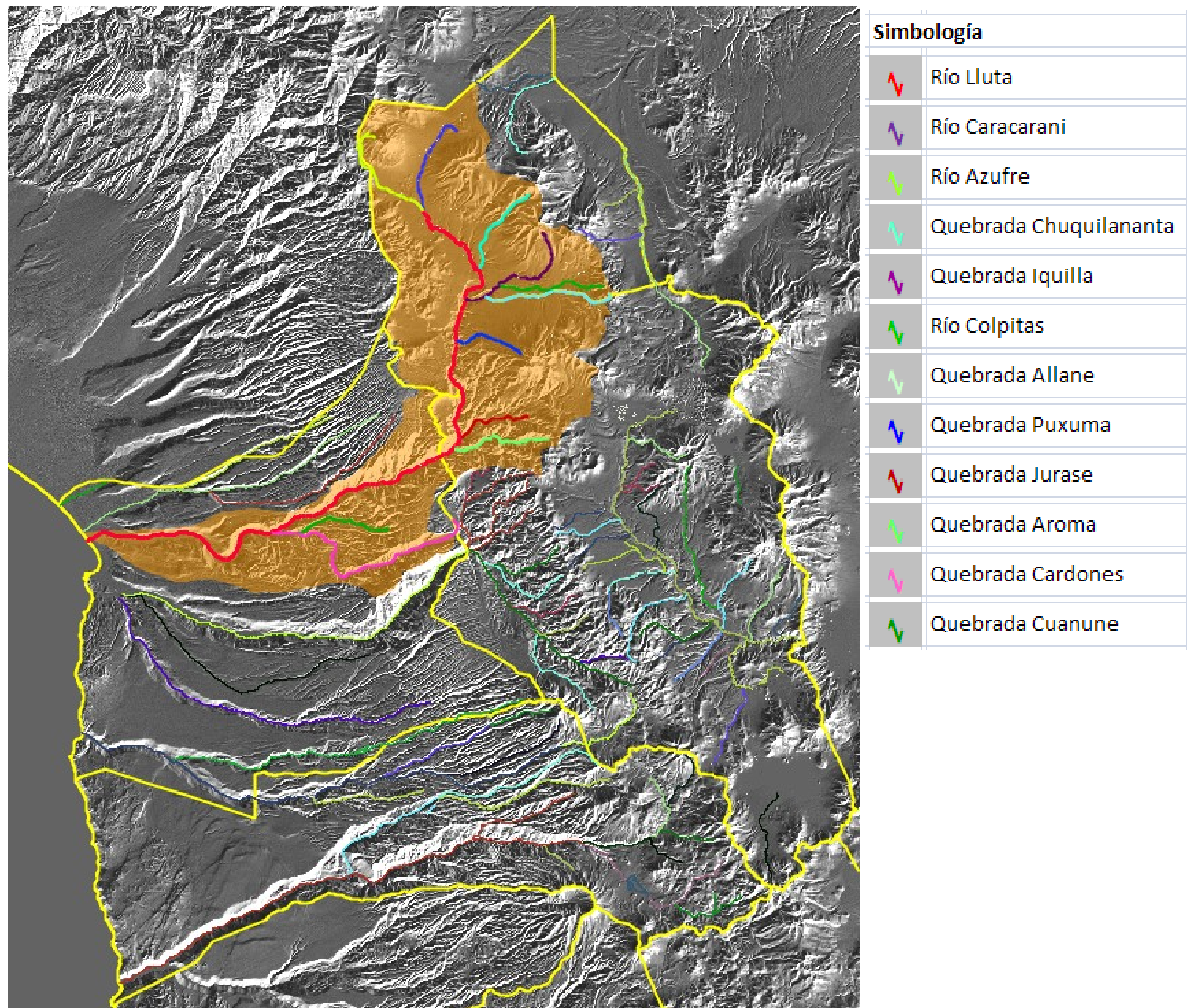
En zonas de pampa entre las cotas de 600 m. y 1.500 m. se genera una meseta basculada de norte a sur, descendiendo desde las proximidades de Arica hacia el sur. El drenaje superficial de aguas en el desierto se debe a la tectónica moderna y la morfología de acumulaciones finas y gruesas. Aportes desde las quebradas que entran a la pampa desde la precordillera, siguiendo la dirección del basculamiento de los bloques que comprenden el subsuelo de ella. Los rellenos de las zonas de

pampa, corresponden a lenguas distales de los aluviones que descienden desde la zona andina y están representados por arenas y detritos gravosos depositados por mecanismos laminares generados por débiles películas de aguas.

Hacia la desembocadura existen zonas denominadas llanos de sedimentación continental, correspondientes a un efecto de llanura de acumulación detrítica producida por la coalescencia de materiales continentales con depositaciones marinas, organizando una playa de sedimentación aluvial antigua, erosionada en la actualidad por crecidas torrenciales que han excavado lechos de paredes verticales en dichas acumulaciones. La morfología fluvial de la cuenca del río Lluta se caracteriza por ser preferentemente rectilínea, con excepción de la sección del valle donde es difluente.

b) Límites y características de los principales cursos y cuerpos de agua de la cuenca

Figura Nº9 Cuenca Lluta



Fuente: Elaboración propia en base información DGA.

Los límites de la cuenca se dividen en subcuenca Lluta Alto y Lluta Bajo y destacan los afluentes como el Rio Azufre y el Rio Colpitas, entre otras. El río Lluta y sus afluentes principales cuentan con altas concentraciones de boro y arsénico, junto con otros problemas de calidad como la acidez y la salinidad. Esto se debe a la geología de la cuenca, en especial al Volcán Tacora

que aporta metales, sales y acidez al río Azufre; y a los afloramientos hidrotermales - denominados “borateras”- ubicados en la Quebrada de Colpitas que aportan mayormente boro, arsénico e iones al río del mismo nombre. La calidad natural del agua superficial de la cuenca está influenciada fuertemente por las siguientes características que explican la calidad actual del río Lluta y sus tributarios. En general, la calidad natural del río es clasificada como de regular a mala calidad, donde exceden parámetros como el Boro, Arsénico, Oxígeno disuelto, pH, Cobre, Aluminio, Hierro, Cromo, Manganeso, conductividad eléctrica, Sulfatos, Zinc, Cloruros y Plomo.

La parte alta de la cuenca está influenciada fuertemente por los factores volcánicos y los salares que adicionan contenido de metales y elementos inorgánicos. La parte media y baja está influenciada por los efectos del suelo salino dado por la alta concentración de nitrato de sodio y otros compuestos en la cuenca.

Con respecto a la regulación del río Lluta, el agua que se embalsaría tendría una calidad equivalente a la del río en condiciones basales, pero un embalse sería un depósito de sedimentos, muchos de ellos con altas concentraciones de arsénico, que eventualmente podría liberarse al río si no existe una adecuada disposición de los lodos. Existen cursos de agua o quebradas con una mejor calidad de las aguas, es decir, baja conductividad, bajo arsénico y menos boro que desembocan al río Caracarani. También se ha identificado que la Quebrada Allane y otras quebradas menores ubicadas en la Quebrada Colpitas tienen una calidad similar, junto con la Quebrada Aroma.

La intercepción de estos recursos antes de su descarga a cursos de agua de baja calidad pueden ser una alternativa conveniente, lo que en general permitiría contar dentro de la cuenca alta con aproximadamente 600 l/seg de agua de calidad para riego. Respecto de la calidad de agua subterránea en la zona baja de la cuenca, existen restricciones para uso debido a su alta salinidad y elevados contenidos de boro, sulfato, cloruro y arsénico. De acuerdo a los antecedentes técnicos que maneja la Súper Intendencia de Servicios Sanitarios, en la ciudad de Arica se presentan valores de Boro en el agua potable entre 2 y 12 mg/L como valores promedios, dependiendo de la zona de Arica y la influencia de las distintas fuentes involucradas. (Lluta, Azapa o Pozos de la ciudad). Las actuales fuentes de abastecimiento de Arica presentan los siguientes valores de Boro: Lluta Agua Cruda: 20 - 30 mg/l; Lluta después de la planta de osmosis inversa: 14 - 18 mg/l; Azapa Agua Cruda: 1 - 3 mg/l; posible fuente de agua de mar: 4 - 5 mg/l.
Como conclusión general puede afirmarse que el río Lluta y sus tributarios principales tiene una contaminación predominantemente de origen natural en que predominan altos valores de Boro, Arsénico, compuestos inorgánicos y metales debido a la presencia de salares, suelos salinos y bajas precipitaciones que no le permiten una dilución de los contaminantes aguas abajo concentrándose debido a la alta evaporación sufrida en el segmento. El efecto de dilución de las precipitaciones estivales, es relativamente acotado para precipitaciones más bien bajas o de mediana cuantía, no así para eventos de significancia. Se ha observado que durante una temporada de lluvias altiplánicas se encuentran altas concentraciones de boro, incluso luego de una semana completa de lluvias, por lo que este efecto no soluciona la mala calidad del río Lluta. Es más, sedimentos arsenicados y otros sólidos pueden ser arrastrados por las lluvias, desembocando finalmente en el río.

c) Inventario de recursos Hídricos Superficiales y Subterráneos

Su rio principal es el Lluta, su régimen hídrico es pluvial y la distribución de caudales está directamente relacionada con las precipitaciones dadas en el altiplano de la región. Por esa razón la disponibilidad de agua es mayor durante los meses de verano, llegando a valores de 4 m^3/seg. Durante el resto del año, el flujo tiende a ser constante, lo que evidencia que este caudal es alimentado por los depósitos de aguas subterráneas. La escorrentía superficial media anual registrada en la cuenca, alcanza valores no superiores a 1 mm/año en el sector bajo del Valle del Río Lluta hasta el sector de la Quebrada Socoroma. Desde este último sector, hacia los sectores altos de la cuenca, los valores de escorrentía aumentan hasta llegar a los 50 mm/año (Quebradas Caracarani, Colpitas y Río Azufre).

Desde el punto de vista de disponibilidad de los recursos hídricos, las pérdidas de agua por evaporación son altas en comparación a otras cuencas. Estas pérdidas se registran en el sector Bajo del Valle del Río Lluta, en los Humedales del sector alto de la cuenca y en la Laguna Blanca. Los valores promedio de evaporación registrados anualmente en la cuenca, alcanzan los 2.081 mm. Para los recursos superficiales y según la estación pluviométrica Lluta en Tocontasi, ubicada a una cota aproximada de 1100 msnm, controla el 75% de la cuenca de drenaje y registra prácticamente el caudal total de la cuenca. En base a los caudales medios anuales de esta estación el rendimiento específico para distintas probabilidades de excedencia es el siguiente:

Cuadro Nº8

Estación	P= 20%		P=40%		P=60%		P=80%	
Río Lluta en Tocontasi	Q (m3/s)	l/s/km2	Q (m3/s)	l/s/km2	Q (m3/s)	l/s/km2	Q (m3/s)	l/s/km2
	2,52	0,95	2,09	0,79	1,73	0,65	1,31	0,49

Fuente: Plan de Acción Estratégico para el Desarrollo Hídrico de la Región de Arica y Parinacota, 2011, DGA

Para los recursos subterráneos, la cuenca del río Lluta existe un sistema hidrogeológico que se desarrolla preferencialmente en la zona baja del Valle, entre la localidad de Rosario y Lluta en Panamericana. Está constituido por dos sistemas de acuíferos detríticos superpuestos (el superior, de condición libre y el inferior semiconfinado) y el volumen total almacenado se estima del orden de 110 millones de m3. De acuerdo al informe técnico N° 297 del 21 de Octubre de 1998, preparado por el Departamento de Administración de Recursos Hídricos de la DGA, la recarga media anual del acuífero es de 460 l/seg.

Por su parte, en la cuenca alta se caracteriza por acuíferos de poca potencia y dimensiones muy reducidas, asociados a transmisibilidades bastante pequeñas. Adicionalmente, la discontinuidad espacial de los rellenos implica considerables restricciones a las posibilidades de recarga de los mismos. Por otro lado, gran parte de los acuíferos existentes ellos descargan o afloran en zonas de vegas y bofedales protegidos, por lo que no pueden ser considerados como potenciales sectores de oferta de agua subterránea, ya que su explotación se encuentra severamente restringida para la protección de dichas zonas de vegas o bofedales. En este sentido, el área de mejores potenciales acuíferos en la subcuenca se ubica en el sector de Colpitas, al sudeste de la misma, donde hay un sector de rellenos de cierta importancia en relación al resto del área. En dicha zona existen pequeños afloramientos en cerros y bofedales, utilizados para uso agrícola y ganadero, correspondiendo en general a aguas de mala calidad.

No obstante lo anterior, cabe señalar la existencia de acuíferos asociados a fracturas y meteorización de roca volcánica que no han sido estudiados y, que si bien no presentan grandes potencialidades, por su ubicación pueden resultar atractivos. En este caso, se puede señalar el acuífero prospectado en el sector alto de la cuenca del río Azufre, situado en territorio peruano, que ha sido objeto de estudios hidrogeológicos con el fin de ser aprovechado como fuente de abastecimiento para el proyecto minero de oro “Pucamarca” con un caudal medio de 30 l/seg a extraer desde 5 pozos profundos, y que posteriormente quedará en manos de la comunidades vecinas. Resulta de interés observar que dada la condición de acuífero transfronterizo, su futura explotación debiera quedar sujeta a un seguimiento como recursos transfronterizos

Sobre la Calidad de agua, el río Lluta es reconocido por los problemas de calidad de agua que existen en su cuenca, en especial por las altas concentraciones de boro y arsénico. Estos problemas de calidad se originan principalmente en las características geológicas de la cuenca - el volcanismo existente en la cuenca genera sistemas como el Volcán Tacora y afloramientos hidrotermales como los existentes en la quebrada Colpitas- y en la escasez de precipitaciones. Estos sistemas aportan compuestos químicos a la cuenca los que no pueden ser diluidos por la falta de precipitaciones. Cuando ocurren eventos importantes de precipitaciones se pueden producir diluciones temporales (DGA, 2008), pero estos eventos producen aluviones conocidos localmente como “bajadas del río”, que ocasionan destrucción de caminos, el embanque del Puerto de Arica y el deterioro de las playas (Ortega et al, 2007). Un estudio realizado por la Dirección General de Aguas (DGA, 2008) analizó posibles medidas de mitigación de los problemas de calidad de agua del Lluta.

d) Ecosistemas

Esta cuenca es rica en ecosistemas, en la parte alta de esta hay varios bofedales, asociado a los ríos Azufre, Caracarani, Chuquilanta y Colpitas, también cuenta con aguas hidrotermales en la proximidad del volcán Tacora, Aguas Calientes Tacora, y aguas abajo Colpitas cercano al volcán Taapaca, que además es un Salar al igual que la denominada Laguna Blanca, que prácticamente no tiene agua, cuenta con más de un acuífero en los diferentes tramos de la cuenca, que además son compartidos con otras cuencas, en la zona baja hay una superposición de acuíferos, no tiene problemas de cantidad, pero sí de calidad, la cuenca cuenta con un río principal de escurrimiento permanente que cuenta con varios afluentes en la zona alta, este río desemboca en el Océano Pacifico en un Estuario de gran relevancia para aves migratorias y otras especies, conocido como Humedal Lluta. Varios de estos sistemas tienen protección ambiental. Estos ecosistemas están sometidos a servicios

ecosistémicos regionales de provisión de agua potable urbana y rural, agua para uso agrícola, extracción de áridos, agua para pastoreo, barros termales. Soporta además servicio de Agua para Procesos Industriales (crianza de aves). También hay que relevar el sistema artificial peruano del Canal Ushusuma, que cruza nuestro territorio desde la zona de Laguna Blanca por el pie de monte del volcán Tacora para luego ingresar de nuevo al territorio peruano.

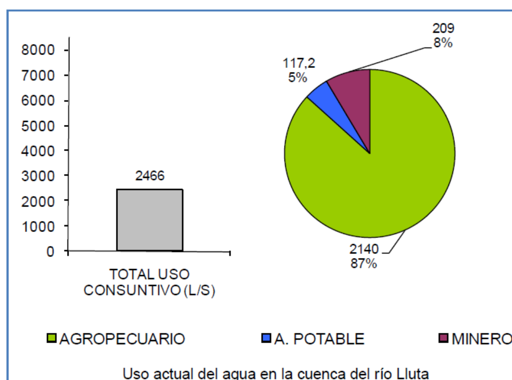
e) Uso y Tenencia del Agua

En esta cuenca existe un total de 10647 l/seg de derechos de agua superficial constituidos, dentro de los cuales, 5,029 l/s son de carácter consuntivo y permanente; 3,067 l/seg son de tipo consuntivo eventual y 2,551 l/seg son de tipo no consuntivo eventual. El agua superficial es una fuente cerrada para la constitución de nuevos derechos. En el esquema siguiente se presenta un resumen de los derechos de agua que se encuentran constituidos a nivel de la cuenca del río Lluta. Respecto de los derechos de agua subterránea, existe un total de 388 l/seg constituidos en carácter consuntivo y permanente.

Entre el acuífero y el río existe un grado de interferencia significativa, que durante períodos de caudales bajos requiere el uso de una regla de operación asociada al ejercicio de los derechos de agua subterráneos constituidos a partir del informe técnico DGA N° 297 del 21 de Octubre de 1998. Esta minuta estima una recarga media anual para el acuífero del Río Lluta en 460 l/seg, y concluye que la explotación de los recursos subterráneos debe observar un caudal mínimo de referencia en el río Lluta de 1,150 l/seg registrado en el sector de la estación fluviométrica río Lluta en Tocontasi, que se encuentra aguas arriba de las captaciones subterráneas. Consecuentemente, aún existe un remanente de 72 l/seg disponibles para ser otorgados, no obstante, dichos recursos quedarán sujetos a modalidades de explotación que requerirán de infraestructura específica y gestión conjunta con los recursos de agua superficial.

Respectos a los usos actuales de la cuenca cabe indicar que la cuenca del Rio Lluta posee tres principales usos relativos a 87% uso agropecuario, 5% para agua potable y 8% minero, según la grafica siguiente:

Cuadro Nº9



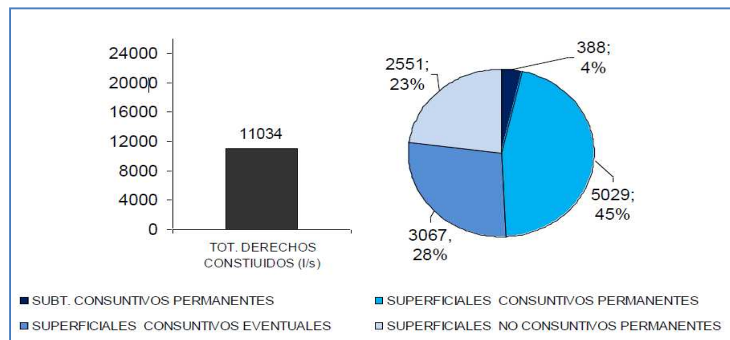
Fuente: Plan Hídrico Arica y Parinacota 2011, DGA

La distribución del recurso ha estado a cargo de la "Organización de Regantes del Río Lluta", los derechos de agua de los propietarios están inscritos en el Registro de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Arica. Salvo por los canales individuales, que sirven a un solo propietario, los canales están organizados internamente como Comunidades de Agua, inscritas en el CBR de Arica y en el registro de Comunidades de Agua de la DGA. Es preciso señalar también que actualmente los usuarios se encuentran gestionando la constitución de la Junta de Vigilancia del Río Lluta

Los recursos superficiales del río Lluta son consumidos exclusivamente por la agricultura. La demanda promedio actual alcanza los 2100 l/seg y las proyecciones futuras indican un crecimiento de 25% en un horizonte de 10 años. En relación al sector minero la demanda actual se estima cercana a los 200 l/seg y no se esperan aumentos en el futuro próximo.

Respecto de agua subterránea, el agua potable de la ciudad de Arica constituye su máxima demanda, con una extracción actual aproximada a los 120 l/seg, se espera que siga aumentando significativamente en los próximos años, conforme a los recientes antecedentes entregados por la Empresa Concesionaria, que proyecta mejorar la capacidad de las captaciones en el valle hasta completar una capacidad máxima de 182 l/seg, con las que pretende suplir su déficit mejorando la estabilidad de operación de sus captaciones en el valle.

Cuadro Nº 10



Fuente: Plan Hídrico Arica y Parinacota 2011, DGA

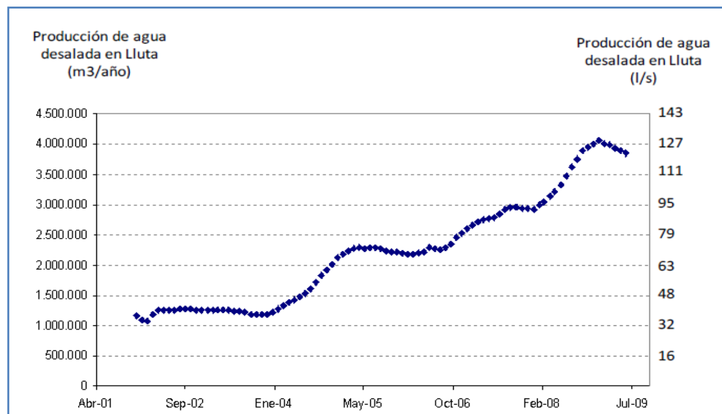
- . **Uso Agrícola**

La superficie total agrícola de la subcuenca Valle del bajo Lluta es de 7.606 Ha. Esta área se ubica a lo largo de un tramo de 65 Km entre Vilacollo y la desembocadura del río. Estas tierras agrícolas son abastecidas por el sistema de irrigación del río Lluta. Sin embargo, el área cultivada se limita normalmente a 2.784 Ha que corresponden al 37 % del total de tierras agrícolas. La superficie restante está en permanente descanso debido a la carencia de agua de riego y a la escasa capacidad de drenaje del suelo. Debido a la contaminación de origen natural con boro del río Lluta, los tipos de cultivo en el valle del Bajo Lluta, según superficie cultivada, corresponden al maíz (1.698 Ha), la alfalfa (684 Ha) y cierto tipo de verduras (402 Ha).

- **Uso Agua Potable**

Una parte de las aguas destinadas a Arica proviene de pozos que se operan en el valle del Lluta, no obstante también opera la planta desalinizadora para la generación de agua potable, a continuación una grafica con el nivel de producción de agua desalada extraída del valle de Lluta.

Cuadro Nº11



Fuente: Plan Hídrico Arica y Parinacota 2011, DGA

Por su parte, en la cuenca alta, no existe explotación de pozos profundos, excepto un sondaje profundo ubicado en la localidad de Colpitas, el cual posee derechos de aguas subterráneas por 35 l/seg. Además, en algunos sectores, tal como Humapalca, existen algunas norias, de unos 4 m de profundidad, usados para el abastecimiento de agua potable, especialmente durante la época de crecidas del río Lluta, en que no es posible extraer agua desde dicho cauce. El caudal de extracción desde las norias es mínimo, ya que se realiza manualmente.

Cuadro Nº 12

Caudales Utilizados para Agua Potable Rural

CUENCA	SUBCUENCA	COMUNA	SERVICIO	POBLACIÓN ABASTECIDA (Hab)	Q MEDIO ESTIMADO (l/s)
RIO LLUTA		ARICA	LLUTA	2190	3,8
RIO LLUTA		G. LAGOS	ALCERRECA	175	0,3
RIO LLUTA		PUTRE	PUTRE	1540	2,7
RIO LLUTA		PUTRE	SOCOROMA	235	0,4
			TOTAL	**4140**	**7,2**

Fuente: Estimaciones de Demanda de Agua y Proyecciones Futuras. Zona I Norte. Regiones I a IV. DGA – MOP 2007

- **Uso Industrial**

En la cuenca de Lluta se localizan industrias de relativa importancia regional como el caso de Agrícola Ariztia asociada a la producción de pollos y su proceso de faenamiento para consumo nacional y exportación, parqueaderos de camiones, extracción de áridos en la riveras del rio Lluta y en las cercanías de la desembocadura, la Empresa Lauca en su producción de quesos y sus derivados, Quiborax productora de Boro y la empresa Celite de producción de diatomita.

- **Uso Minero**

En la cuenca del río Lluta operó la Cia. Azufrera del Pacífico, que tuvo derechos sobre aguas por 7,5 l/seg, en el año 1936 actualmente sin operación. No se dispone de información para la ubicación de esta fuente de abastecimiento. El resto de las mineras, principalmente la Sociedad Legal Minera Macarena y Química e Industrial del Borax LTDA., obtienen sus recursos hídricos en forma subterránea, esta última desde pozo ubicado en la intersección con la quebrada Cardones.

- **Uso Generación de Energía**

En la actualidad no hay antecedentes de la existencia de centrales generadoras con fuentes hídricas en la zona

- **Uso Forestal**

Esta cuenca no presenta uso de tipo forestal

- **Uso Acuícola**

Para esta cuenca actualmente no existen zonas de acuicultura informadas por la Subsecretaría de Pesca. Existió un emprendimiento de crianza de camarones, que fracaso debido a una crecida del río que destruyo las instalaciones, quedando los especímenes dispersos y habitando en forma silvestre el río.

- **Uso Turismo**

Los caudales atribuibles a actividades de naturaleza turística en la zona, en general están incluidos en los definidos como “Uso Agua Potable”, puesto que la infraestructura hotelera utiliza recursos directamente desde las redes de las empresas sanitarias correspondientes.

- **Uso Receptor de Contaminantes**

Este ítem incluye las descargas tanto de aguas servidas domésticas como de residuos industriales líquidos a los cauces pertenecientes a la cuenca en análisis. En el caso de las aguas servidas, esta cuenca no posee descargas a cuerpos superficiales significativas. Cabe hacer presente que la planta desaladora instalada en la zona baja, próxima a la intersección de

la ruta 11Ch y la 5 Panamericana, retorna aguas con alta concentración de las sales al cauce del rio como parte de su proceso de mejora del agua para consumo humano.

- **Uso Caudal Ecológico**

Es la cantidad de agua que asegura los hábitats naturales de flora y fauna, para esta cuenca se presenta un caudal 0,22 m3/s. Dentro de las áreas a destacar como ecosistemas relevantes de la cuenca del rio Lluta tenemos la Quebrada de Cuesta Cardones, la Auto Destinación de Bienes Naciones denominada Calanchucal en la cual se protege la especie conocida comúnmente de Tilancias, y el "Humedal" de la desembocadura del rio Lluta, solo este último demanda un curso de agua permanente, los otros se ubican en laderas de cerros.

Cuadro Nº13

CAUDAL ECOLÓGICO CUENCA RÍO LLUTA

CÓD. CUENCA	NOMBRE CUENCA	CÓD. SUBCUENCA	NOMBRE SUBCUENCA	CAUCE	TRAMO	Q ec m3/s	FUENTE
012	Río Lluta	-	-	Estación Lluta en Chapisca		0.22	Elab. Propia

Fuente: Estimaciones de Demanda de Agua y Proyecciones Futuras. Zona I Norte. Regiones I a IV. DGA – MOP 2007



CUENCA HIDROGRAFICA DE AZAPA O SAN JOSE

a) Caracterización Física Geográfica de la Cuenca Hidrográfica

a.1. Dimensión Climatológica

Climatológicamente la cuenca presenta un clima desértico con predominio de desértico costero, desértico de interior o normal y desértico de altura. Este clima se caracteriza principalmente por escasez de precipitaciones, las cuales se concentran en los meses estivales con mayor precipitación en la parte alta o superior de la cuenca asociada al invierno altiplánico, con un promedio anual de agua caída aumenta en forma gradual de cero, en la parte baja a, 200 mm en las áreas superiores.

a.2. Dimensión Geológica geomorfológica

La cuenca del río San José o quebrada de Azapa se desarrolla inmediatamente al sur de la Hoya del Lluta y por el sur limita con la cuenca de Vítor, drenando una extensión de 3.060 km2. Carece de cabeceras en la cordillera alta, de manera que puede considerarse como cuenca preandina.

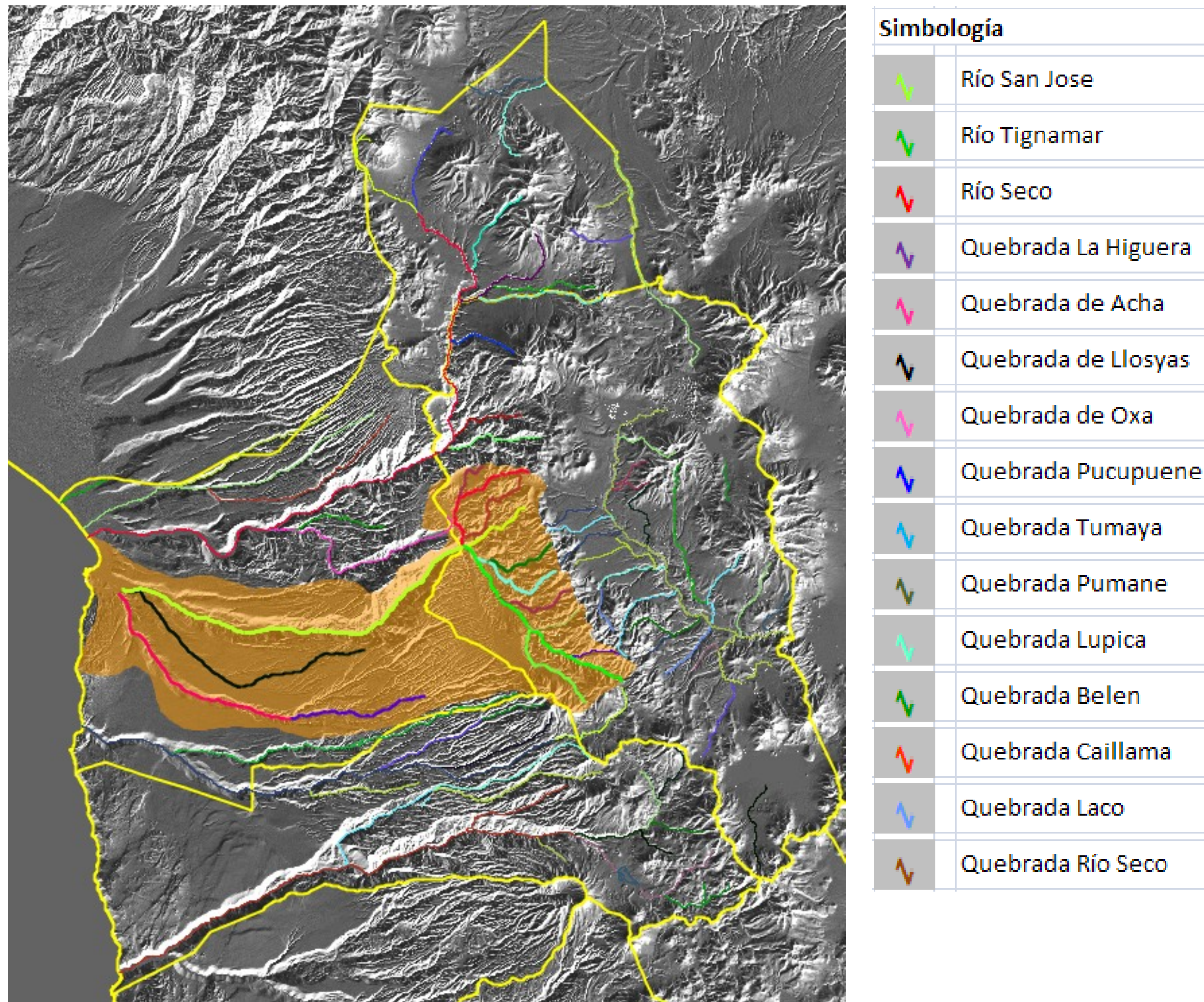
Tiene un desarrollo de 83 km en un cañón de más de 1000 m de altura. En su curso superior presenta un cauce muy estrecho. En el sector de Ausípar la caja del río se ensancha gradualmente hasta alcanzar un ancho superior a los dos kilómetros en su desembocadura cerca de Arica a la quebrada de Azapa se le junta la Acha o La Higuera, habitualmente seca, cuyas nacientes están en la falda occidental de la Sierra de Guaillillas. Recorre 95 kms., en forma casi paralela a la quebrada de Azapa.

b) Límites y características de los principales cursos y cuerpos de agua de la cuenca

Los principales tributarios de las cabeceras, fuentes naturales de la cuenca, son los ríos Laco, Seco y Tignamar. Los recursos de agua propios de la cuenca son reducidos, el Río San José es un río seco durante la mayor parte del año a partir del sector de Humagata. Debido a este déficit, en la década de los sesenta se construyó el canal Lauca, que desvía los recursos del río Lauca a la altura de la desembocadura de la Ciénaga de Parinacota hacia la cuenca del río San José. El agua desviada del río Lauca,

con un promedio histórico aproximado de 600 l/s, es descargada en la sub cuenca del río Ticnamar y por escurrimiento superficial al San José a través de la Central Chapiquiña cuya capacidad de generación es de 10.2 MW., arrastrando materia orgánica y basura a su paso.

Figura Nº10 Cuenca Azapa



Fuente : Elaboración propia en base a Información DGA.

c) Inventario de recursos Hídricos Superficiales y Subterráneos

El escurrimiento del río San José o Azapa, tiene carácter permanente solo hasta Livilcar, a 10 kms de su nacimiento, y efímero de ahí hasta el mar. Sólo con lluvias estivales crece de vez en vez hasta su desembocadura, fenómeno que suele durar de 20 a 30 días. En Livilcar el gasto medio es del orden de 100 lts/seg. En el curso inferior del Valle de Azapa existen vertientes naturales, producto del afloramiento de agua subterránea que escurre en el relleno aluvial y que se origina en infiltraciones directas del río San José o Azapa. Después de unirse al caudal propio del río San José, sigue el curso principal de éste hasta la bocatoma en el río San José, desde allí pasa a llamarse canal Matriz Azapa. Sólo cuando las precipitaciones estivales son abundantes, el río sobrepasa el valle y el excedente ingresa al Océano Pacifico en la ciudad de Arica, descargando al litoral abundante sedimento. La DGA, ha determinado en base a los caudales medios anuales, que el rendimiento específico para distintas probabilidades de excedencia, en el caso del río San José, es el siguiente:

Cuadro Nº13

Recursos Superficiales Río San José Estación	P= 20%		P=40%		P=60%		P=80%	
	Q (m3/s)	l/s/km2	Q (m3/s)	l/s/km2	Q (m3/s)	l/s/km2	Q (m3/s)	l/s/km2
Río San José en Bocatoma Azapa	1,4	1,19	1,09	0,92	0,86	0,73	0,64	0,54

Fuente: Plan de Acción Estratégico para el Desarrollo Hídrico de la Región de Arica y Parinacota, 2011, DGA

Para los recursos subterráneos del acuífero del río San José (Valle de Azapa) posee buenas condiciones de cantidad y calidad, razón por la cual es intensamente utilizado. Su principal fuente de recarga proviene las crecidas del río, por la infiltración de las aguas trasvasadas desde el río Lauca, que en el valle de Azapa se incorporan a la infraestructura de distribución de las zonas de riego, y en menor escala, por las pérdidas de la red de distribución de agua potable de la zona urbana. El volumen almacenado es de aproximadamente 300 a 350 millones m3 y la recarga media alcanza los 750 l/s. Cabe destacar que este caudal sustentable es un valor estimado de largo plazo, sin perjuicio de lo cual, existen periodos alternados de mayor y menor disponibilidad, sujeta a la variabilidad hidrológica de la recarga. Cuando estos aportes desaparecen, los volúmenes almacenados en el acuífero comienzan a decrecer progresivamente producto de la explotación intensiva. Así, las variaciones históricas de los niveles de agua en el acuífero y los caudales de afloramiento de las vertientes se encuentran directamente relacionados con las crecidas del río San José.

De acuerdo a los antecedentes del Estudio "Definición De Estrategias De Manejo Sustentable Para El Acuífero De Azapa, XV Región", realizado por la DGA durante el año 2009, el acuífero del valle de Azapa ha alcanzado una condición de sobreexplotación que lo podría llevar al colapso en un período de 10 años, si es que no se toman medidas que disminuyan su explotación a un nivel de sustentable. Más aún, las características hidrológicas especiales del funcionamiento del acuífero, requiere la adopción de medidas complementarias, como la reducción temporal de las extracciones, incluso en un escenario de sustentabilidad de largo plazo.

Lo anteriormente indicado se fundamenta en que la recarga media de largo plazo de 750 l/s, posee una marcada asimetría interanual dada por su principal componente, la infiltración de crecidas con período de retorno superior a 5 años. Confrontada a una demanda efectiva hipotética de 1000 l/s, estimada a partir de los 3540 l/s de derechos otorgados sobre el acuífero por medio de las distintas vías legales. En estas condiciones, la demanda es satisfecha por la recarga una vez cada 5 años, provocando que el 80 % del tiempo se satisfaga en parte con almacenamiento del acuífero. Ahora bien, en términos de largo plazo, el almacenamiento del acuífero (350 MM de m3), tendría un volumen útil menor debido a condicionantes de calidad de agua y profundidad de la napa, y no superaría los 100 MM m3, dando un margen de regulación de aproximadamente 10 años para suplementar el déficit anual promedio.

La situación actual de niveles representa una condición crítica o al menos preocupante, principalmente aguas abajo del sector Las Maitas, debido a que existen zonas cuyos descensos superan profundidades de 45m, lo que se debe estar reflejando en muchas norias secas y pozos con bajo rendimiento de caudal. Consecuentemente a lo indicado, la DGA ha oficiado a la SISS su parecer sobre las condiciones de alta vulnerabilidad que presenta el acuífero y que no lo hacen apto para ser considerado como una fuente principal de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Arica.

En general, la calidad del agua superficial presenta concentraciones menos elevadas respecto de los parámetros críticos de calidad de las aguas de la zona, aunque son sobrepasados los límites admisibles de los parámetros B, As y Fe. A continuación se muestran las concentraciones promedio de dichos parámetros en las principales estaciones de medición, y se comparan con sus límites admisibles.

Cuadro Nº14

Concentraciones promedio medidas en parámetros críticos de calidad Ubicación	B (mg/l)	As (mg/l)	Fe (mg/l)
Canal Lauca	1.41	0.087	0.27
Ausipar	1.02	0.078	0.80

Antes Bocatoma	1.60	0.080	1.40
Saucache	1.13	0.085	0.82
Límite Permisible	**1.00**	**0.050**	**0.30**

Fuente: Plan de Acción Estratégico para el Desarrollo Hídrico de la Región de Arica y Parinacota, 2011, DGA

La calidad del agua subterránea es buena, aún cuando ha presentado un deterioro paulatino desde la década del 60 asociado a la incorporación de sales por el riego de nuevos terrenos. Los antecedentes indican que existen restricciones de uso por la presencia de cloruro, sulfatos y boro.

d) Ecosistemas

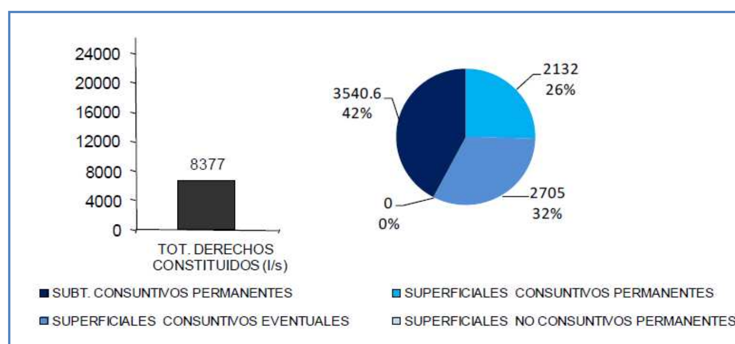
En esta cuenca podemos reconocer dos grandes sectores, la parte alta con predominio del río Tignamar y la “bajada del río San José, en la zona alta hay ecosistemas asociados a los afluentes del Tignamar como Murmuntani, Chapiquiña, Lupica, Saxamar, Chapiquiña, en este último también se encuentran Agua Hidrotermales y absorbe o recepciona agua trasvasijada de la cuenca Lauca para generación de energía eléctrica, y en ambos sectores hay Acuíferos, en Tignamar sin explotación y el de San Jose con gran sobre explotación por uso Agrícola y Urbano. El estuario de este río está inserto en el área urbana y modificadas sus condiciones naturales, pero que en épocas estivales descarga gran cantidad de agua con sedimentos en el Océano Pacifico aportando material a la playa, como también contaminación por basura, leña, residuos orgánicos agrícolas y soporta servicios ecosistémicos de balneario marino (Chinchorro). La zona alta de Tignamar soporta Servicios Culturales, de Turismo, de Belleza Escénica, Valoración Étnica y Sitios Ceremoniales. La zona baja del San José soporta además el servicio de Regulación y depuración de contaminantes en la planta de aguas servidas de la ciudad de Arica, otro servicio de provisión es la Extracción de Áridos, Agua para Hatchery de semillas, Agua para Procesos Industriales (fabrica de bebidas faenamiento de aves).

e) Uso y Tenencia del Agua

A propósito de la actividad del Riego y la extracción de Agua Potable. Las napas subterráneas han sido sometidas a una intensa explotación en las últimas décadas, por sobre la disponibilidad decretada por la DGA, generándose efectos casi irreversibles que ponen en serio peligro ambos abastecimientos. Se está estudiando implementar medidas de control sobre las extracciones ilegales, mejorar la capacidad de gestión de las aguas subterráneas y proyectos que permitan aumentar la disponibilidad superficial en el valle, acumulando los excesos de agua en los cauces debidos al invierno altiplánico.

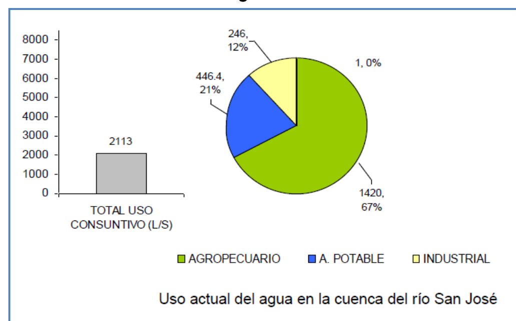
En la figura siguiente se presenta un resumen de los derechos de agua que se encuentran constituidos a nivel de la cuenca del río San José:

Cuadro Nº15 Derechos de Agua



Fuente: DGA

Cuadro Nº16 Uso del Agua



Fuente: DGA

Los derechos de aguas de los usuarios del canal Azapa, de aprovechamiento consuntivo y ejercicio permanente y continuo, fueron fijados por la Resolución N° 320 del 11 de Agosto de 1989 de la Dirección General de Aguas, que posteriormente fue modificada por la resolución DGA N° 450 de fecha 2 de Agosto de 2001. En la mencionada Resolución Nº 450, se deja constancia que el sistema Lauca completo, se considera dividido en 2.663,41 acciones y por un volumen máximo de 43.911.907,00 millones de m3 al año, lo que equivale a una dotación de 16.487 m3/acción anuales.

Sobre las aguas subterráneas de la cuenca del río San José de Azapa ha existido una gran presión para la obtención de derechos de agua, no sólo para la agricultura, sino que para abastecimiento de agua potable, que históricamente ha privilegiado el acuífero del valle debido a su ubicación, seguridad y mejor calidad referencial de sus aguas. Sin embargo, en la actualidad existe declarada una zona de prohibición sobre el acuífero, que impide la autorización de nuevas extracciones. El total de derechos de agua subterránea otorgados en el acuífero del valle alcanza 3541 l/s, cifra muy por sobre los 750 l/s de disponibilidad estimada por los estudios, la mayor parte de esta cifra se debe a los procesos de regularización de derechos de agua subterránea por medio del artículo 2do. Transitorio del Código de aguas que alcanzan los 2871 l/s, otros 133 l/s por medio del 4to.Transitorio, y sólo 356 l/s constituidos por la DGA.

El Canal matriz Azapa, que capta los recursos trasvasados del Lauca aguas abajo de la localidad de Livilcar, posee un largo total de 31 Km y fue construido en 1960 con piso de hormigón y paredes de concreto prefabricado, cuenta con toda una red de sub-derivados que permite distribuir a todos los sectores de usuarios en el valle con derechos de agua, como Surire, La Cruz, Hijos de Livilcar, etc. Los sub-derivados tienen dimensiones promedios de 0,50 m de ancho y 0,60 de alto, de concreto, y entregan proporciones alícuotas de entre 25 y 60 l/s, durante todo el año. En la actualidad, con la creciente tecnificación del riego y el incremento de la superficie regada en el valle, se ha planteado la necesidad de mejorar este sistema de riego en su infraestructura de conducción y distribución, con una de mayor eficiencia a las necesidades futuras, incluso con la posibilidad de generar energía. La distribución del agua de riego entre los canales, está bajo el control de la Comunidad de Aguas del canal Azapa (COMCA), organización que administra, mantiene y controla los recursos de agua, provenientes del Lauca.

Los recursos de agua superficiales se encuentran totalmente constituidos, dentro de los cuales 2,132 l/s corresponden a derechos consuntivos permanentes, 2,705 l/s en derechos consuntivos eventuales, y lo ya indicado para los recursos provenientes del río Lauca y captados en bocatoma del canal Azapa. Para esta cuenca, todas las fuentes de agua poseen dueños y son utilizados intensamente, sólo los recursos eventuales son factibles de ser aprovechados antes de ser descargados al mar, sin embargo, existen serias limitaciones de infraestructura para ello debido principalmente al alto costo que involucran.
Respecto al uso actual de la cuenca, cabe señalar que en un 67% se centra en el sector agropecuario y 21% de producción de agua potable y un 12% a procesos industriales

- **Uso Agropecuario**

En el Valle de Azapa el área regable alcanza unas 3.200 HAS y la demanda agrícola se estima en el orden de los 1.400 l/s, de la cual, el canal Azapa abastece entre 600 y 650 l/s con recursos trasvasados por el canal Lauca, sirviendo una superficie creciente en atención al fuerte grado de tecnificación que ha experimentado el riego. Las proyecciones a futuro indican que la situación de demanda tiende a mantenerse relativamente estable limitada por la disponibilidad de agua, aunque pudiera esperarse que continúe el crecimiento del área regada debido a mayor tecnificación de riego y mejoras de eficiencia de distribución. Por otra parte, de acuerdo con antecedentes proporcionados por los usuarios, las pérdidas de conducción del canal Lauca alcanzan a 261 l/s, lo que representa un 36% del caudal captado en marzo de 2010 (726 l/s). Este alto valor ha impulsado a la comunidad a proponer el mejoramiento y revestimiento del canal y sus derivados.

La demanda estimada sobre las aguas subterráneas para cubrir sectores no regados por el canal Azapa y suplir las vertientes cuando estas dejan de verter, se han estimado en el orden de 200 a 300 l/s. En la zona cordillerana los pequeños desarrollos

existentes presentan demandas del orden de 125 l/s, los cuales se estima no deben aumentar a futuro. La demanda de abastecimiento de agua potable para Arica es del orden de 450 l/s, estimándose que se duplicará para el año 2020. Los requerimientos para abastecer las localidades interiores no representan caudales significativos (<1 l/s) y en consecuencia su abastecimiento no implica impactos sobre el recurso. El uso industrial presenta demanda del orden de 250 l/s, y se espera que en 10 años aumente a 400 l/s.

- **Uso Agua Potable**

La planta desaladora se ubicaría en el recinto Pago de Gómez localizado en el Km 6,5 de la Ruta Valle de Azapa, el Proyecto está diseñado para entregar 150 l/s de Agua Producto, la planta de última generación, con tecnología de punta proveniente de los E.E.U.U y la inversión superaría a los 5 millones de dólares

Cuadro Nº 17

Caudales Utilizados para Agua Potable Urbana – Fuente Aguas Subterráneas

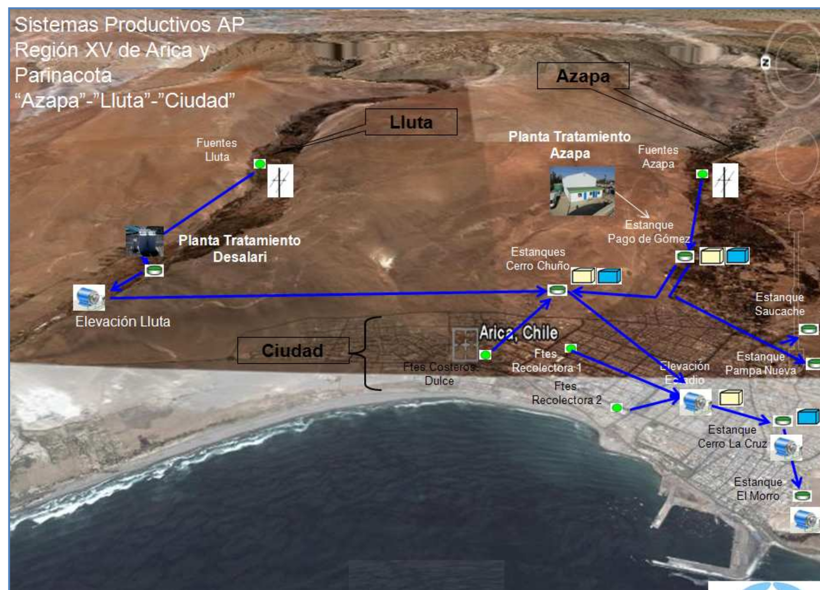
CUENCA	SUBCUENCA	CIUDAD O LOCALIDAD	TIPO DE FUENTE	POBLACIÓN ACTUAL (Hab)	DOTACIÓN (l/Hab/Día)	Q ACTUAL (l/s)
RIO SAN JOSÉ		ARICA (Sector Arica)	SUBTERRANEA	180053	160,9	439,7
			TOTAL	**180053**	**160,9**	**439,7**

Tabla 3.3.1.5.2-2
Caudales Utilizados para Agua Potable Rural

CUENCA	SUBCUENCA	COMUNA	SERVICIO	POBLACIÓN ABASTECIDA (Hab)	Q MEDIO ESTIMADO (l/s)
RIO SAN JOSE		ARICA	SAN MIGUEL DE AZAPA	998	1,7
RIO SAN JOSE		ARICA	CERRO SOMBRERO	792	1,4
RIO SAN JOSE		ARICA	LAS MAITAS	704	1,2
RIO SAN JOSE		ARICA	SOBRAYA	1524	2,6
RIO SAN JOSE		PUTRE	TIGNAMAR	230	0,4
			TOTAL	**4248**	**7,4**

Fuente: Estimaciones de Demanda de Agua y Proyecciones Futuras. Zona I Norte. Regiones I a IV. DGA – MOP 2007





- **Uso Industrial**

El uso industrial de aguas de la Cuenca de San José se centran en las actividades industriales que se ejercen en la ciudad de Arica determinada por el área industrial de de la zona urbana. Donde se tiene industrias procesadoras de aves, pesqueras, industrias químicas, embotelladoras y cervecerías etc.

Cuadro Nº

DEMANDAS DE RECURSO HÍDRICO PARA USO INDUSTRIAL PERÍODO 1993-2005, SOBRE LA CUENCA 013

AÑO	FACTOR	DEMANDAS NETAS SAN JOSE		DEMANDAS BRUTAS SAN JOSE	
		m3/año	l/s	m3/año	l/s
1993	1.000	3,576,000	113.4	5,494,560	174.2
1994	1.025	3,665,400	116.2	5,631,924	178.6
1995	1.051	3,757,035	119.1	5,772,722	183.1
1996	1.077	3,850,961	122.1	5,917,040	187.6
1997	1.271	4,543,707	144.1	6,981,452	221.4
1998	1.406	5,027,111	159.4	7,724,206	244.9
1999	1.094	3,911,927	124.0	6,010,716	190.6
2000	1.044	3,734,021	118.4	5,737,361	181.9
2001	0.977	3,493,905	110.8	5,368,420	170.2
2002	1.046	3,741,307	118.6	5,748,556	182.3
2003	1.067	3,816,524	121.0	5,864,127	186.0
2004	1.328	4,749,056	150.6	7,296,972	231.4
2005	1.416	5,064,483	160.6	7,781,629	246.8

Fuente: Estimaciones de Demanda de Agua y Proyecciones Futuras. Zona I Norte. Regiones I a IV. DGA – MOP 2007

- **Uso Minero**

No se consideran para esta cuenca recursos hídricos destinados a minería.

- **Uso Generación de Energía**

En la actualidad se considera la existencia de centrales generadoras con fuentes hídricas exógena de la cuenca, con agua proveniente de la cuenca Lauca.

Cuadro Nº

Centrales Hidroeléctricas Existentes en la Zona

CENTRAL (NOMBRE Y TIPO)	PROPIETARIO	UBICACIÓN	POTENCIA NOMINAL (MW)	H Caída (m)	Q ACTUAL (m3/s)	Fuente de Información
Central Hidroeléctrica Chapiquiña - Pasada	EDELNOR S.A.	Chapiquiña	10.2	s/i	s/i	www.cdec-sing.cl

Fuente: Estimaciones de Demanda de Agua y Proyecciones Futuras. Zona I Norte. Regiones I a IV. DGA – MOP 2007

- **Uso Forestal**

Esta cuenca no presenta uso de tipo forestal, existen introducidos algunos pequeños reductos de Eucaliptos en los afluentes del Tignamar.

- **Uso Acuícola**

Para esta cuenca no existen zonas de acuicultura aún cuando el Río Tignamar tendría potencial para desarrollar algún tipo de emprendimiento de este tipo.

- **Uso Turismo**

Los caudales atribuibles a actividades de naturaleza turística en la zona, en general están incluidos en los definidos como "Uso Agua Potable", puesto que la infraestructura hotelera utiliza recursos directamente desde las redes de las empresas sanitarias correspondientes.

- **Uso Receptor de Contaminantes**

Este ítem incluye las descargas tanto de aguas servidas domésticas como de residuos industriales líquidos a los cauces pertenecientes a la cuenca en análisis. En el caso de las aguas servidas, esta cuenca no posee descargas a cuerpos superficiales significativas. Si existe una gran cantidad de fosas sépticas y pozos absorbente como soluciones sanitarias de habitantes instalados en el valles de Azapa.

- **Uso Caudal Ecológico**

Hay escasa información sobre este ítem en esta cuenca

Cuadro:

CÓD. CUENCA	NOMBRE CUENCA	CÓD. SUBCUENCA	NOMBRE SUBCUENCA	CAUCE	TRAMO	Q ec m3/s	FUENTE
013	Río San José (Azapa)	-	-	Estación San José en Ausipar		0.09	Elab. Propia

Fuente: Estimaciones de Demanda de Agua y Proyecciones Futuras. Zona I Norte. Regiones I a IV. DGA – MOP 2007



CUENCA HIDROGRÁFICA DE VITOR

a) Caracterización Física Geográfica de la Cuenca Hidrográfica

a.1. Dimensión Climatológica

Climatológicamente la cuenca tiene un comportamiento desértico con predominio de desértico costero, desértico de interior o normal y desértico de altura, caracterizado principalmente por escasez de precipitaciones, las cuales se concentran en los meses estivales con mayor precipitación en la parte alta o superior de la cuenca asociada al invierno altiplánico. Respecto de las precipitaciones de la cuenca se concentran en las áreas de la Cordillera de los Andes, con una altura de 4.000 – 5.000 m.

a.2. Dimensión Geológica –geomorfológica

Se ubica a 40 Km al Sur de la ciudad de Arica, su cuenca comprende un área de 1.705 Km2 y es drenada por el río Codpa. Limita al norte con la cuenca del río San José, al sur con la cuenca del río Camarones, al este con la del río Lauca y al oeste con el Océano Pacifico. Desde el punto de vista orográfico, esta cuenca presenta las mismas características que la cuenca del río San José, es decir, la cordillera de los Andes en su extremo oriental, luego la pampa que comprende la depresión central y finalmente la cordillera de la costa. Ambas formaciones han sido profundamente erosionadas por la acción de los ríos que conforman la red hidrográfica de la cuenca. Las fuentes de agua del Valle de Vítor son dos, las provenientes de la cuenca de la quebrada Vítor, para el sector precordillerano o Codpa y las aguas subterráneas extraídas desde los pozos de los sectores del valle Chaca y caleta Vítor, ubicados en la parte baja de la cuenca.

Esta cuenca, presenta un gran desnivel, variando su altura entre los 5.050 m.s.n.m. en los cerros de Anocarire al nivel del mar en su desembocadura. Su red hidrográfica está formada fundamentalmente por el río Codpa y algunos afluentes menores, siendo su principal tributario de cabecera el río Umirpa. Hacia aguas abajo, en las cercanías del pueblo de Codpa, recibe a las quebradas de Sivitaya y Apanza. De los cauces que conforman la red hidrográfica de la Quebrada Vitor, el único que tiene escurrimiento permanente es el río Codpa. La razón de este régimen radica en el hecho que el río Codpa es el único que tiene área sobre los 4. 000 m.s.n.m. lo que asegura la continuidad del escurrimiento.

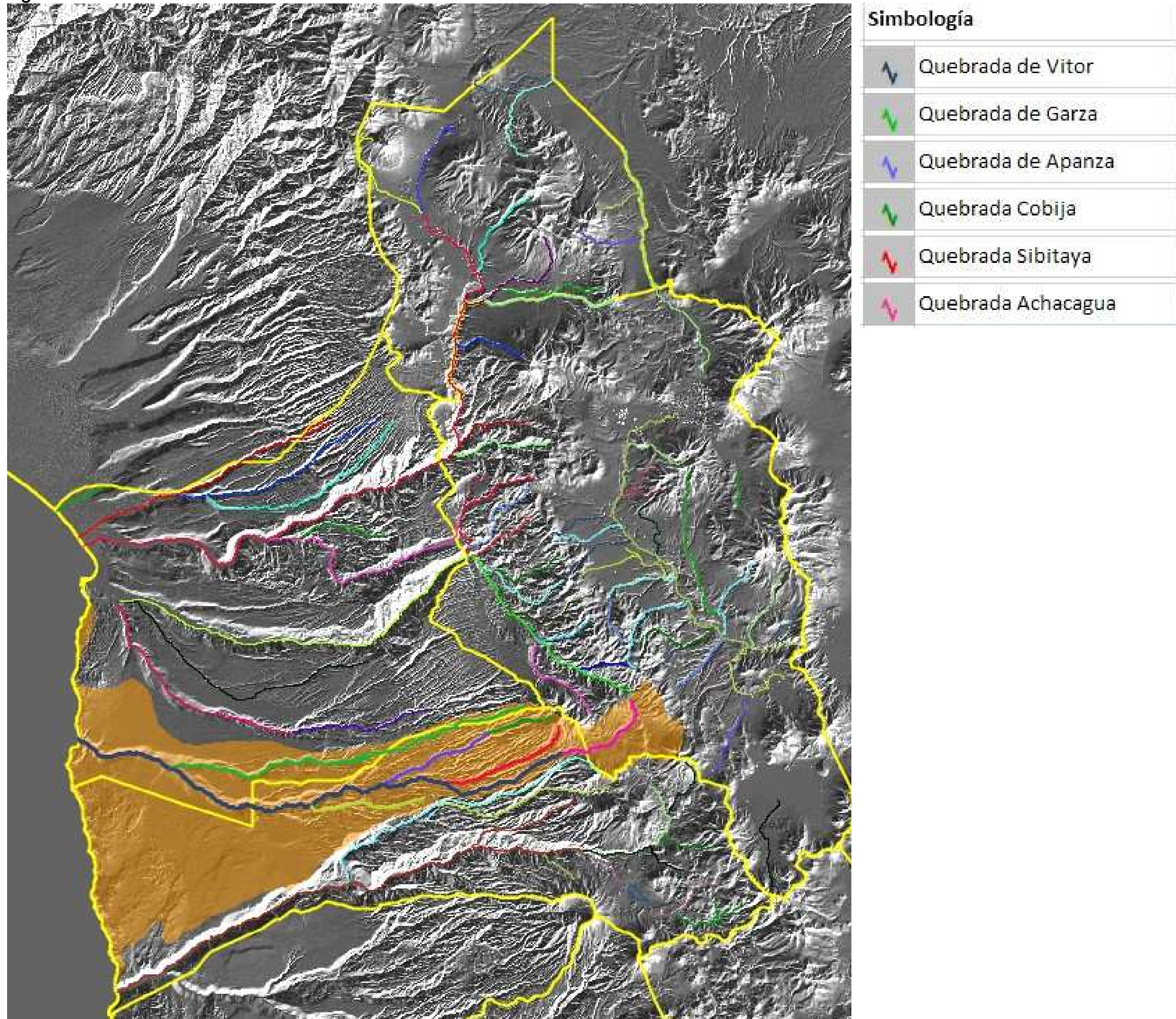
Hidrológicamente la quebrada corresponde a un sistema conocido internacionalmente como Wadi, donde la escorrentía superficial es limitada y asociada a eventos extremos. Normalmente en el lecho del Wadi existe vegetación que contrasta con las riberas que son desérticas. En el caso de la quebrada Vítor, existe una reducida escorrentía en la parte alta, pero esta no llega al Océano. A modo de referencia la Cuenca Chaca - Vítor, cuenta con limitados recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos, los cuales provienen de la hoya hidrográfica que drena la quebrada de Vítor. El río Codpa, quebrada Vitor o quebrada de Chaca, que con los tres nombres se conoce, posee una hoya hidrográfica relativamente pequeña, en comparación con sus ríos homólogos de sólo 1.660 km2

b) Límites y características de los principales cursos y cuerpos de agua de la cuenca

Su principal tributario es la quebrada Garza o Calisama cuyo origen está en el borde SW de la Pampa Oxaya cercana al pueblo de Timar. Tiene un cauce profundo, y un desarrollo de 38 km. desde sus nacientes hasta caer a la quebrada de Chaca por la ribera norte un poco más abajo del caserío de este nombre. Su lecho es permanentemente seco. La quebrada de Apanza que cae por la ribera cerca de Cachicoca y la quebrada del Diablo que se le junta por la ribera sur, aguas arriba de la localidad de Pintatane, son otros tributarios prácticamente secos. Los escurrimientos superficiales son de pequeña magnitud, desde 300 l/seg en época lluviosa a no más de 40 l/seg en estiaje. Llegan sólo hasta Codpa y en ocasiones hasta el sector de Ofrajía. La

condición de cuenca pre andina. Sin aportes de lluvias y deshielos de altura, explican los escasos y variables caudales comparados con el tamaño de su cauce.

Figura Nº11: Cuenca Vitor



Fuente : Elaboración propia en base a Información DGA.

c) Inventario de recursos Hídricos Superficiales y Subterráneos

Este río constituye la red principal de drenaje y su caudal es permanente hasta Codpa; aguas abajo profundiza en las arenas y sólo lleva superficialmente los excedentes en los años muy lluviosos, variando según la estación del año (con un mínimo en el mes de diciembre y un máximo en el periodo de lluvias estivales entre enero y abril). Estas fluctuaciones pueden ocasionar una fuerte variación en los caudales, desde cifras superiores a 1.000 l/seg a valores de 50 l/seg y menos. Según antecedentes obtenidos desde Conadi, en esta quebrada, sólo se conducen excedentes superficiales en años muy lluviosos. El volumen de descarga al mar se estima de 2,3 millones de m3 por año medio. Para este valle se ha calculado una tasa de riego de 14.700 m3 (equivalente a 0.46 l/seg) como gasto medio anual. A esto se le debe añadir la falta de un manejo adecuado y eficiente del

recurso hídrico escaso, alta dispersión geográfica en la Cuenca, distribución ineficiente entre los regantes y falta de Agua potable.

Esta cuenca posee un solo punto de control, el cual queda ubicado en el sector de Cala Cala, sector de pre cordillera, la discontinuidad en los registros es una característica de este punto de control, esto se debe a los daños sufridos por la estación fluviométrica, producto de las crecidas del invierno altiplánico. El caudal medio anual registrado en este punto es de 0,1 m3/s.

El aprovechamiento de los recursos subterráneos se realiza en la parte baja de la cuenca y de acuerdo a la minuta regional, nº003ª/2005, de fecha 20 de Abril de 2005, la disponibilidad a esa fecha fluctúa entre los 46 y 111 l/s.

Respecto a la Calidad de Agua, la calidad química de las aguas del Valle de Vítor en Codpa para el riego, es aceptable bajo normas internacionales, pero muy buenas comparándolas con las aguas del Lluta o el San José. La DGA, realiza mediciones de la calidad de agua superficial, en el sector de Cala Cala, desde 1998. De lo anterior se puede concluir que, la calidad del agua no ha sido una limitante para el desarrollo agrícola de la cuenca, la limitación más seria se encuentra vinculada a escasa disponibilidad del recurso. Tabla Parámetros Críticos de Calidad de Agua Superficial Cuenca de la Quebrada Vitor

Cuadro Nº 18

Parámetros	Sector Cala Cala	Nch. 1.333
pH	7,4	5,5 – 9,0
CE (mhos/cm)	389,74	----------------
Boro (ppm)	0,99	0,75

Fuente: Plan de Acción Estratégico para el Desarrollo Hídrico de la Región de Arica y Parinacota, 2011, DGA

Un problema actual es el incremento en la construcción de pozos, especialmente en el área de Caleta Vítor, lo que puede comenzar a deprimir el nivel de las aguas subterráneas y afectar a los pozos existentes. Sólo la mitad de los pozos existentes en Chaca cuentan con derechos de agua debidamente legalizados.

El acuífero subterráneo, que es la fuente principal de agua de las áreas de Chaca y Caleta Vítor, presumiblemente es pobre y no se puede esperar incrementar la superficie actualmente regada con base en éste. Otra limitación significativa es la falta de infraestructura básica. La inexistencia de energía eléctrica en Chaca y Caleta Vítor enfrenta a los agricultores a un mayor costo de elevación de agua al tener que utilizar combustibles que, además, deben traer de Arica, sin embargo cabe hacer presente que han surgido iniciativas de generación de energía mediante paneles fotovoltaicos.

d) Ecosistemas

La cuenca de Vitor no cuenta con cuerpos de agua, ni bofedales, ni vegas, ni aguas hidrotermales. Pero podemos encontrar Acuíferos en su parte baja, además del Río Vitor con escasa escorrentía que la mayor parte del año no alcanza a recorrer la parte baja de la cuenca, haciéndolo en época estival, dando posibilidad a la configuración del Estuario. El acuífero en la zona de Chaca soporta servicios de Provisión de agua Potable rural, Uso Agrícola, servicios culturales de Excursión. En la zona de pampas existe el Salar Chaca, seco, totalmente carente de aguas superficiales y sin registro de vida en su entorno.

e) Uso y Tenencia del Agua

- **Uso agropecuario**

La cuenca de Vítor o Chaca, contiene sectores de moderado desarrollo agrícola y pecuario, desarrollando el cultivo de tomates, morrón y pepino en la zona baja, viñas y cítricos en la zona media entre otros, tuna en ambos sectores, también en pequeña escala en la zona alta hay orégano y productos exóticos como el tumbo. Por otra parte en lo pecuario se puede hacer presente que existe crianza caprina con producción artesanal de queso en la zona intermedia y alta.
El valle de Codpa es irrigado con aguas provenientes de una serie de quebradas y vertientes del sector cordillerano, que dan vida a un angosto y generoso valle, rico en la producción de frutales diversos, tales como cítricos, tunas, membrillos e higos entre otros. Destaca la producción de uvas para la obtención del tradicional vino Pintatani, que aún conserva las antiguas

técnicas de producción; reconocido como producto típico de este valle y donde los habitantes han puesto mayor énfasis en la promoción y desarrollo, realizando una serie de actividades en torno a este vino y las labores asociadas a su elaboración.
En este sentido, las plantaciones de frutales son las más importantes, en términos de número y superficie, a pesar de que han disminuido de 1997 al 2007. La distribución y turnos del agua de riego está dividida en cinco tramos o Sectores:

1.- Sector Achacagua - Vila Vila
2.- Sector Vila Vila - Pueblo de Codpa
3.- Pueblo de Codpa - Sector Ofragía
4.- Sector Ofragía - Sector Cachicoca
5.- Sector Cachicoca - Sector Chaca

Aunque las aguas no logran llegar al sector Chaca, su infiltración va a recargar el acuífero del sector. El área de Caleta Vítor no tiene derechos sobre el agua superficial de la Quebrada Vítor. La distribución del agua de riego entre los canales está bajo el control de los representantes de las Comunidades de Aguas que operan, de hecho, como Junta de Vigilancia, que ha manifestado su interés en conformar esta organización en conformidad a lo definido por el Código de Aguas, sin embargo, la falta de financiamiento para este objetivo está impidiendo avanzar en esta iniciativa. Las áreas regadas de Chaca y Caleta Vítor se abastecen desde el acuífero mediante pozos norias y elevación mecánica.

- **Uso Agua Potable**

No hay antecedentes de abastecimiento de agua potable actualmente en esta zona. Cabe hacer presente que existen Comités de Agua Potable Rural legalmente constituidos para las siguientes localidades: Guañacagua, Codpa y Chaca, los cuales se abastecen de vertientes o pozos vinculados al acuífero subterráneo.

- **Uso Industrial**

No hay antecedentes de la existencia de actividades industriales que demanden recursos hídricos en esta cuenca

- **Uso Minero**

En la ribera norte de la quebrada Vítor en el sector de desembocadura, se localizan faenas de pequeña minería metálica.

- **Uso Generación de Energía**

No hay antecedentes de la existencia de centrales generadoras en la zona

- **Uso Forestal**

En esta cuenca no existen demandas de riego asociadas a especies forestales.

- **Uso Acuícola**

No hay antecedentes de la existencia de concesiones o autorizaciones para desarrollar actividades acuícolas en los cauces de la zona.

- **Uso Turismo**

Existe en la localidad de Codpa una instalación hotelera tipo “Lodge”, que incluye un piscina orientado al eco-turismo, que se abastece de un pozo y también del sistema comunitario APR (Agua potable rural). Además se puede destacar el evento cultural de la vendimia que concentra una confluencia de turistas para esa ocasión.

- **Uso Receptor de Contaminantes**

No hay antecedentes de la existencia de descargas a cuerpos superficiales significativas en esta cuenca. Cabe hacer presente que en la desembocadura de la cuenca existe una instalación minera de la que se tiene considerada contaminada.

- **Uso Caudal Ecológico**

No hay escurrimiento permanente que permita definir un caudal ecológico



CUENCA HIDROGRÁFICA DE CAMARONES

a) Caracterización Física Geográfica de la Cuenca Hidrográfica

a.1. Dimensión Climatológica

Climatológicamente la cuenca tiene un comportamiento desértico con predominio de desértico costero, desértico de interior o normal y desértico de altura, caracterizado principalmente por escasez de precipitaciones, asociada al invierno altiplánico, las cuales se concentran en los meses de verano con mayor precipitación en la parte alta o superior de la cuenca. Respecto de las precipitaciones de la cuenca se concentran en las áreas de la Cordillera de los Andes, con una altura de 4.000 – 5.000 m.

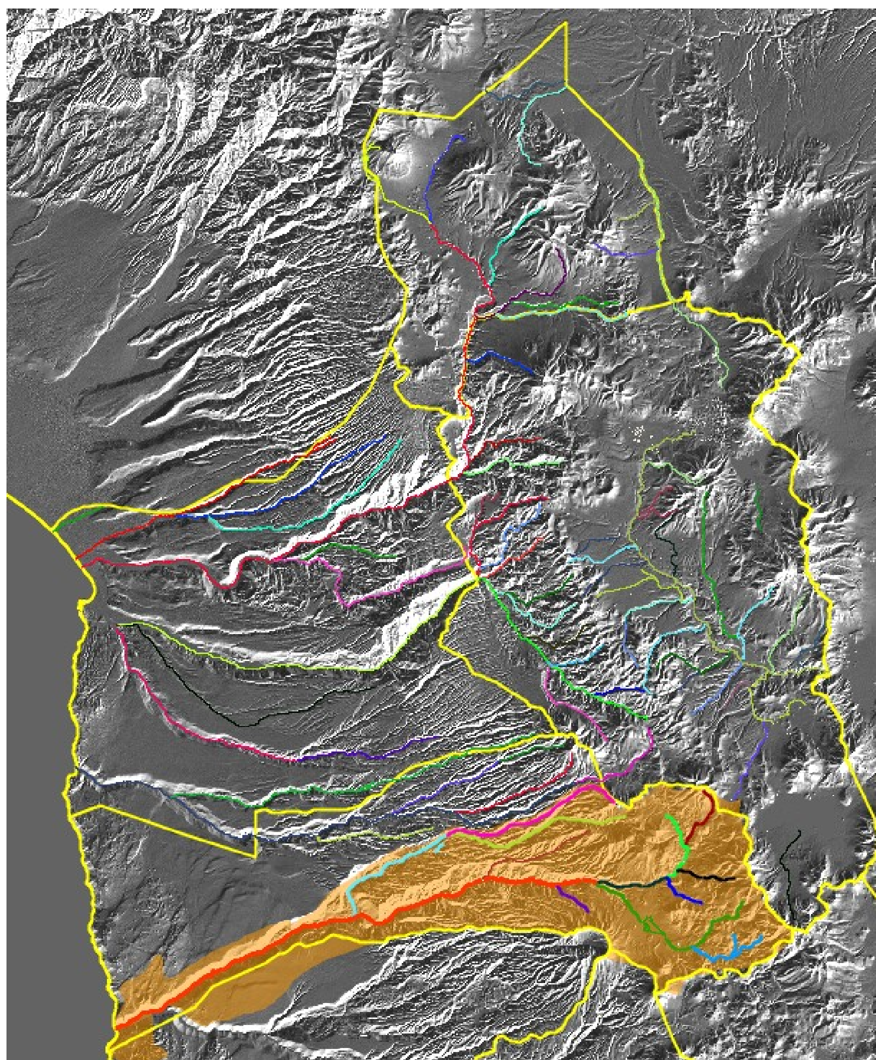
a.2. Dimensión Geológica - Geomorfológica

Limita al norte con la cuenca de la Quebrada Vítor, al sur con la cuenca del río Camiña y al oriente limita con la cuenca del Salar de Surire. El área total de la cuenca alcanza a 4.780 km2 aproximadamente. Esta cuenca está formada por el río Camarones propiamente tal y la Quebrada de Chiza en su tramo final, los que confluyen en el lugar denominado Cuya, actual limite regional, ubicado a 11 km de la desembocadura al océano Pacifico, en caleta Camarones. Cabe hacer presenta que la mayor parte de la Quebrada de Chiza se encuentra ubicada dentro de los límites geográficos de la región de Tarapacá desde donde ocasionalmente fluye agua en época estival.

b) Límites y características de los principales cursos y cuerpos de agua de la cuenca

El respaldo hidrológico de la escorrentía continua del río Camarones, se encuentra en la parte superior de la cuenca y fundamentalmente localizada en los tributarios Ajatama y Caritaya, a partir de los cuales el río escurre por un estrecho valle aluvial con un desarrollo de unos 95 km, su escurrimiento es permanente a lo largo de todo su cauce. Hasta hace 2 años atrás, la cuenca sólo contaba con una estación fluviométrica, en la actualidad cuenta con dos estaciones, la más nueva de ellas ubicada en la parte media de la cuenca. Las fuertes lluvias que caen durante la temporada de verano provocan violentas crecidas, lo que significa que la estación fluviométrica de Camarones en Conanoxa, ubicada en la parte baja de la cuenca, registre el 50% del volumen anual entre los meses de Enero a Abril, repartiéndose en forma pareja el resto del caudal en lo que resta de año.

Figura Nº12 Cuenca Camarones



Fuente : Elaboración propia en base a Información DGA

c) Inventario de recursos Hídricos Superficiales y Subterráneos

Hidrológicamente la quebrada corresponde a un sistema conocido internacionalmente como Wadi, donde la escorrentía superficial es limitada y asociada a eventos extremos. Normalmente en el lecho del Wadi existe vegetación que contrasta con las riberas que son desérticas. En el caso del río Camarones, según los registros de la Dirección General de Agua, los caudales varían en el orden de 0,4 a 0,6 m3/seg.

Cuadro Nº19

Parámetros	Sector Cala Cala	Nch. 1.333
pH	8,2	5,5 – 9,0
CE (mhos/cm)	3.442	---------------
Boro (ppm)	30	0,75

Fuente: Plan Hídrico Arica y Parinacota, DGA-MOP

Respecto al recurso superficial, el caudal medio anual del río Camarones, registrado en la parte baja de la cuenca, aguas abajo del 80% del aprovechamiento agrícola, es de 0,40 m3/s. La disponibilidad del recurso subterráneo a la fecha no existen estimaciones ni de la Calidad de Agua. La fuente de agua de esta cuenca es el río Camarones, las fuentes de agua subterráneas existen pero no son significativas respecto de las superficiales. La DGA, desde el año 1998, sólo monitorea en forma continua el recurso superficial. En el cuadro siguiente se detallan características químicas de las aguas del Valle de Camarones donde se aprecia una alta salinidad y contenido de Boro muy elevado. Tabla Parámetros Críticos de Calidad de Agua Superficial Cuenca del Río Camarones

La cuenca del Río Camarones es la única de la región que cuenta con una obra de regulación, el Embalse Caritaya, este embalse que fue construido en la década del 30, su funcionamiento fue defectuoso debido a las filtraciones que poseía, por lo que ha sido objeto de un programa de reparaciones llevado a cabo por la DOH, que finalizó el año 2009, la capacidad del embalse es de 42.171.000 de m3.

d) Ecosistemas

En esta cuenca podemos encontrar la lagunas Caracota y la Colorada o Roja en la parte alta de la cuenca en los inicios, cercano a sus afluentes, esta última, con alto poder contaminante natural pero de una característica escénica espectacular y única, además existe el único embalse de la región el que constituye un ecosistema artificial, se puede encontrar escasos bofedales en los inicios de la cuenca, no hay registros de Aguas Hidrotermales, si hay Acuíferos que no coinciden con los límites de la hoya hidrográfica, y afloramientos en diversas zonas de la quebrada del valle Camarones, que se van incorporando al flujo permanente del río Camarones, llegando hasta el Océano Pacifico en donde forman el Estuario Camarones. Esta cuenca soporta servicios eco sistémicos de Provisión para agua Potable Rural, Agua de Uso Agrícola, Agua para Uso de Animales (crianza de aves), también soporta servicios de Regulación por intermedio del Embalse Caritaya, para Retención de Sedimentos, Control de Caudales, Regulación de Erosión y Control de Escorrentía Superficial, por otra parte también soporta servicios Culturales de Excursiones, Turismo, ciencia e Investigación, Valoración Étnica, y Caleta de Pescadores.

e) Uso y Tenencia del Agua

- **Uso Agropecuario**

La cuenca posee dos valles principales, Camarones y Chiza, este último como se menciono se desarrolla mayormente fuera del límite regional en la I Región de Tarapacá, quedando tan solo un pequeño tramo en que se junta con el río Camarones próximo a su desembocadura en el océano Pacífico.

En el valle de Camarones, ha habido periodos de abundante ganadería bovina, el valle de Camarones es irrigado por aguas provenientes de la alta cordillera y que poseen una alta concentración de minerales, los poblados que se encuentran el sector alto de la cuenca desarrollan cultivos de alfalfa para semilla y para forraje, la ganadería ovina y caprina, junto con la fabricación de quesos. A medida que las aguas descienden por la quebrada se origina el valle donde se sitúa el poblado de Camarones, lugar que debido a las condiciones de las aguas así como de los terrenos salobres, permite el desarrollo de especies forrajeras, pasando a ser la ganadería bovina la que destaca con la producción de quesos.

- **Uso Agua Potable**

A continuación, se presenta la información de los caudales utilizados para abastecimiento de agua potable rural en la cuenca analizada, sin embargo se hace presente que el dato de Codpa no corresponde a esta cuenca. No hay servicio de agua potable urbana en la zona.

Cuadro Nº 20

Caudales Utilizados para Agua Potable Rural

CUENCA	SUBCUENCA	COMUNA	SERVICIO	POBLACIÓN ABASTECIDA (Hab)	Q MEDIO ESTIMADO (l/s)
RIO CAMARONES		CAMARONES	GUAÑACAGUA	240	0,4
RIO CAMARONES		CAMARONES	CODPA	122	0,2
RIO CAMARONES		CAMARONES	ILLAPATA	205	0,4
			TOTAL	**567**	**1,0**

Fuente: Estimaciones de Demanda de Agua y Proyecciones Futuras. Zona I Norte. Regiones I a IV. DGA – MOP 2007

- **Uso Industrial**

Para el uso industrial se tiene consumo de agua para agro-industria Agrícola Ariztia S.A. ubicada en el sector bajo del valle de Camarones, para la producción de pollos para consumo humano.

- **Uso Minero**

No se registra recursos hídricos asociados al uso minería

- **Uso Generación de Energía**

No hay antecedentes de la existencia de centrales generadoras en la Zona, aún cuando se podría estudiar habilitar una central hidro-eléctrica de paso aprovechando el embalse de Caritaya.

- **Uso Forestal**

En esta cuenca no existen demandas de riego asociadas a especies forestales.

- **Uso Acuícola**

No hay antecedentes de la existencia de concesiones o autorizaciones para desarrollar actividades acuícolas en los cauces de la zona. Cabe hacer presente que el nombre del río proviene de crustáceos que habitan el río y que fue explotado y comercializado en tiempos pasados recientes, esto se vió descontinuado por contaminación del río aguas arriba por una fuente natural que ocasionalmente llega hasta los orígenes del río Camarones desde la Laguna Roja, sin embargo si se logra controlar esta fuente de emisión y recuperar la calidad del agua, el uso acuicola para la crianza de camarones es altamente probable.

- **Uso Turismo**

En la actualidad el uso turístico es escaso, debido a la dificultad de acceso y promoción de los sitios de interés turístico, existiendo un lugar escénico único y espectacular en los inicios del río, denominada laguna Roja por el color rojo intenso de sus aguas, pero que el acceso a ella hay que hacerlo por la región de Tarapacá, otro factor de interés turístico es el patrimonio cultural de asentamientos humanos de mucha data que se extienden en las laderas de este valle, como también el alto valor patrimonial de los sitios funerarios de la cultura Chinchorro que se encuentra próximo al humedal de la desembocadura del río, con momias de más de 10.000años, dicho sea de paso que el humedal también representa un lugar de interés turístico para los observadores de aves.

- **Uso Receptor de Contaminantes**

Hay antecedentes de la existencia de descargas naturales a cuerpos superficiales significativas en esta cuenca, en los inicios de esta cuenca, como se señaló previamente, las aguas de la Laguna Roja es rica en minerales que al fluir hacia el curso del afluente del río Camarones, le incorpora elementos tóxicos, los cuales deterioran la calidad del agua de este río.

- **Uso Caudal Ecológico**

En la siguiente tabla se presentan los caudales ecológicos determinados para la zona analizada.

Cuadro Nº21

CAUDAL ECOLÓGICO CUENCA RÍO CAMARONES

CÓD. CUENCA	NOMBRE CUENCA	CÓD. SUBCUENCA	NOMBRE SUBCUENCA	CAUCE	TRAMO	Q ec m3/s	FUENTE
015	Río Camarones	-	-	Estación Camarones en Conanoxa		0.04	Elab. Propia

Fuente: Estimaciones de Demanda de Agua y Proyecciones Futuras. Zona I Norte. Regiones I a IV. DGA – MOP 2007

CUENCAS ALTIPLÁNICAS

CARACTERIZACIÓN FÍSICA GEOGRÁFICA GENERAL DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS ALTIPLÁNICAS

Dimensión Climatológica

Climatológicamente el sector altiplánico se ve altamente determinado por su condición orográfica dado el desarrollo de este en la cordillera de los Andes a alturas por sobre los 4.000 MSNM. Por ende la altitud condiciona las temperaturas y las precipitaciones siendo su comportamiento de menor temperaturas y mayores precipitaciones, según clasificación Instituto Geográfico Militar Chileno, el altiplano chileno los climas se denominan a. ***Desértico marginal de altura:*** que se encuentra más hacia el este, en el altiplano y las cuencas andinas, se caracteriza por las bajas temperaturas y por la pluviosidad en verano (invierno altiplánico); b. ***Desértico marginal bajo:*** que corresponde al tipo desértico de menor significación, se presenta en la Región de Atacama y se caracteriza por la presencia de lluvias en invierno.

Una de las características más sustantivas de este tipo de climas en el norte del país es la incidencia del anticiclón del Pacifico que influye directamente en la calidad de extrema aridez de estos climas como también la incidencia del factor tropical desde la Amazonía asociado al efecto del invierno altiplánico o andino, lo que determina épocas de mayor pluviosidad en la cordillera de los Andes el cual se desarrolla, no solo en Chile sino también en los países Perú y Bolivia, para los meses de Diciembre a Marzo. Las precipitaciones de esta estación se originan como lluvias orográficas causadas por masas de aire provenientes de la región del Amazonas durante la estación lluviosa. Estas se producen especialmente en el Altiplano de la Cordillera de los Andes debido a la actividad convectiva, que es la precipitación que se asocia a la formación de nubosidad cumuliforme durante la tarde, cuando el calentamiento del suelo favorece el desarrollo de movimientos ascendentes y produce precipitaciones en este lugar.
La condición descrita anteriormente hacen del altiplano chileno y de la región de Arica y Parinacota para los meses estivales un repositorio de aguas.

Cuadro Nº23 Régimen de precipitaciones

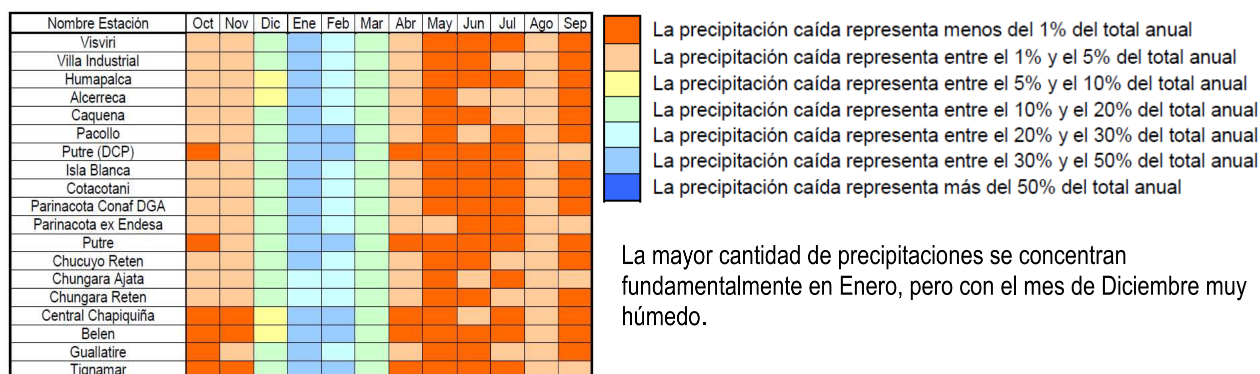
Estación	Diciembre - Marzo		Abril - Noviembre	
	[mm]	%	[mm]	%
Visviri	258.0	85%	47.2	15%
Caquena	360.2	88%	49.8	12%
Chungara Reten	278.2	86%	44.6	14%
Chungara Ajata	312.0	86%	52.5	14%
Isla Blanca	330.1	86%	53.2	14%
Cotacotani	351.0	87%	53.4	13%
Parinacota Conaf DGA	320.9	88%	45.6	12%
Chucuyo Reten	311.2	89%	39.9	11%
Parinacota ex Endesa	286.8	87%	42.4	13%
Guallatire	264.4	91%	26.9	9%
Chilcaya	277.9	85%	49.2	15%
Villa Industrial (Tacora)	298.6	88%	39.2	12%
Humapalca	277.6	92%	25.2	8%
Alcerreca	194.2	90%	21.3	10%
Pacollo	229.6	91%	22.6	9%
Putre	185.3	94%	11.7	6%
Putre (DCP)	151.4	92%	12.9	8%
Central Chapiquiña	156.7	95%	9.0	5%
Belen	147.1	95%	7.1	5%
Tignamar	119.0	95%	6.1	5%
Arica Oficina	0.6	58%	0.4	42%
Azapa	0.4	48%	0.4	52%
Aeródromo El Buitre	0.7	86%	0.1	14%
Codpa	13.5	94%	0.9	6%
Esquiña	38.0	94%	2.3	6%

Fuente: Plan de Acción Estratégico para el Desarrollo Hídrico de la Región de Arica y Parinacota, 2011, DGA

La XV región tiene un régimen de precipitaciones de lluvias estivales (Diciembre a Marzo). En la tabla precedente se agrupan las precipitaciones de las estaciones pluviométricas, distinguiendo entre Diciembre - Marzo y Abril - Noviembre. En ella se observa que el 80% de la precipitación anual está concentrada en el período Diciembre – Marzo

Por otra parte, en la siguiente figura, es posible apreciar la distribución porcentual de la precipitación anual en los meses del año, en las estaciones de la DGA de la región que se encuentran sobre los 3.000 msnm, en ella, se han ordenado de norte a sur, y los meses húmedos y secos se han clasificado de acuerdo al siguiente criterio:

Cuadro Nº 24



La mayor cantidad de precipitaciones se concentran fundamentalmente en Enero, pero con el mes de Diciembre muy húmedo.

Fuente: Plan de Acción Estratégico para el Desarrollo Hídrico de la Región de Arica y Parinacota, 2011, DGA

Dimensión Geológica – Geomorfológica

El origen del Altiplano de la región, para comprender su alzamiento, consiste en un sistema de fallas inversas con convergencia al Oeste, detectado en el borde occidental del Altiplano chileno. Las rocas más antiguas de la región corresponden al Complejo Metamórfico de Belén, datado en 1.000 Ma. El Triásico Superior – Neocomiano, se caracteriza por el desarrollo del arco magmático de La Negra y la cuenca de trasarco de Perú-Chile, cuyo depocentro se encontraría bajo el Altiplano occidental. La inversión de la cuenca en el Neocomiano superior produjo la emersión definitiva de la región y desarrolló una faja plegada y corrida con vergencia oriental. Esta faja fue cubierta en el Cretácico Superior por depósitos de otro arco volcánico (Formación Panjuacha), al Este del anterior, que se correlaciona con el arco de Quebrada Mala, en Antofagasta. En el Paleogeno superior se habría desarrollado una extensa cuenca sedimentaria que dio origen a las Formaciones Putani y Chucal, de carácter fluvio-lacustre. Sobre estas unidades se depositaron, en el Mioceno Inferior, las potentes y extensas Ignimbritas de la Formación Oxaya y la Formación Lupica.

Un evento compresivo del Mioceno Medio a Superior en el borde Oeste del Altiplano, al norte de 199 30' lat. S. provocó el corrimiento con convergencia al Oeste de las rocas precámbricas y jurásicas sobre las formaciones Oxaya y Lupica. Sobre estas unidades se desarrolló el arco volcánico actual y la cuenca en extensión de la pliocénica formación Lauca. La existencia de una faja plegada y corrida con convergencia al Este en el borde oriental del Altiplano, conocida previamente, y de un sistema de fallas inversas con convergencia opuesta en el borde occidental, recientemente detectado, pone en evidencia que este bloque es una estructura compresiva y permite proponer que el alzamiento del Altiplano tuvo un control fundamentalmente estructural. La superficie altiplánica se habría nivelado por procesos de erosión y rellenó; tanto sedimentario como volcánico, de una región deprimida formada entre la Cordillera Oriental, por un lado, y la Cordillera Occidental volcánica y el alzamiento provocado por el sistema de fallas inversas con convergencia al Oeste del borde occidental del Altiplano, por el otro.

La gran cuenca altiplánica se localiza en la parte superior de la región asociada a la morfología de la Cordillera de los Andes y el Altiplano de la región, las subcuenca asociadas a este sistema son: de Caquena, Rio Lauca, del lago Chungará y del Salar de Surire. La cuenca de Chungará y Salar de Surire son cuencas cerradas, las de rio Caquena y rio Lauca son cuencas que drenan finalmente hacia el país limítrofe de Bolivia.

Cuadro Nº25

Según tipo de fuente y condición limítrofe.	Tipo de Fuente	Condición limítrofe
Río Caquena	Superficial y Subterráneo	Drena hacia Salar de Coipasa en Bolivia
Río Lauca	Superficial y Subterráneo	Drena hacia Salar de Coipasa en Bolivia
Salar Surire	Superficial y Subterráneo	Cuenca endorreica vecina a Bolivia
Río Chungará	Superficial y Subterráneo	Cuenca endorreica vecina a Bolivia

Fuente: Plan de Acción Estratégico para el Desarrollo Hídrico de la Región de Arica y Parinacota, 2011, DGA

Cuadro Nº26

CUENCA	SUPERFICIE	PRECIPITACIÓN	ESCORRENTIA	EVAPTRANSP.	EVAPORACIÓN
CAQUENA Y OTRAS	1268	336	91	245	-
LAGO CHUNGARA	257	341	0	215	86
RIO LAUCA LAUCA	2.406	249	32	201	6
SALAR SURIRE	537	251	0	143	108

Fuente: Estimaciones de Demanda de Agua y Proyecciones Futuras. Zona I Norte. Regiones I a IV. DGA – MOP 2007



CUENCA HIDROGRÁFICA DE CAQUENA

a) Caracterización Física Geográfica de la Cuenca Hidrográfica

Esta cuenca limita al oeste con la cuenca del río Lluta y al sur con la cuenca de Chungará y la de Lauca, al norte con Perú y al oriente con Bolivia, en rigor esta cuenca es una sección de cabecera de una cuenca mayor que se desarrolla en territorio boliviano.
Los ríos Uchusuma y Caquena han sido agrupados en esta cuenca por pertenecer a un sistema mucho más grande y complejo, que se desarrolla casi totalmente en Bolivia y que drena hacia el lago Poopó. El río Uchusuma nace al sureste de Perú y atraviesa territorio chileno antes de pasar a Bolivia y desembocar en el río Mauri. En territorio boliviano recibe como afluentes que nacen en Chile a la Quebrada Coipacoipani y el río Putani, en las cercanías de la localidad de Charaña. En el tramo chileno, el río Uchusuma escurre en dirección O – E, con una leve inclinación N – S; en territorio boliviano, se curva hacia el norte, antes de juntarse con el río Caquena.

El río Caquena por su parte, nace en los nevados de Payachata, y hace su recorrido de sur a norte, sirviendo en un tramo como frontera entre Chile y Bolivia, donde recibe por su ribera izquierda al río Cosapilla. Luego de esto cambia su nombre a Cosapilla y se interna en territorio boliviano donde, unos 20 km aguas abajo, se junta con el río Uchusuma.

La cuenca se caracteriza por su meseta altiplánica y por la cordillera de Los Andes, que constituye su límite poniente. El punto más alto de la cuenca lo constituye el cerro Pomerape que forma parte del complejo volcánico Payachatas y que alcanza los 6.240 m.s.n.m. y el punto más bajo se encuentra a 4.026 m.s.n.m. en el sector de Laramcota.

La cuenca se encuentra en una zona de alta pluviosidad, con estaciones de control que sobrepasan los 300 mm de precipitación anual, y con precipitación media del orden de los 400 mm.

Cuadro Nº27

CUENCA	SUPERFICIE (Km^2)	COTA MEDIA	PRECIPITAC. ANUAL	CAUCES PRINCIPALES
RIO CAQUENA	(*)1268	4230	300-400	CAQUENA, COLPACAGUA Y COSAPILLA
RIO LAUCA	(*) 2406	4295	150-400	LAUCA, GUALLATIRE Y DESAGUADERO
SALAR SURIRE	537	4150	250-300	SURIRE

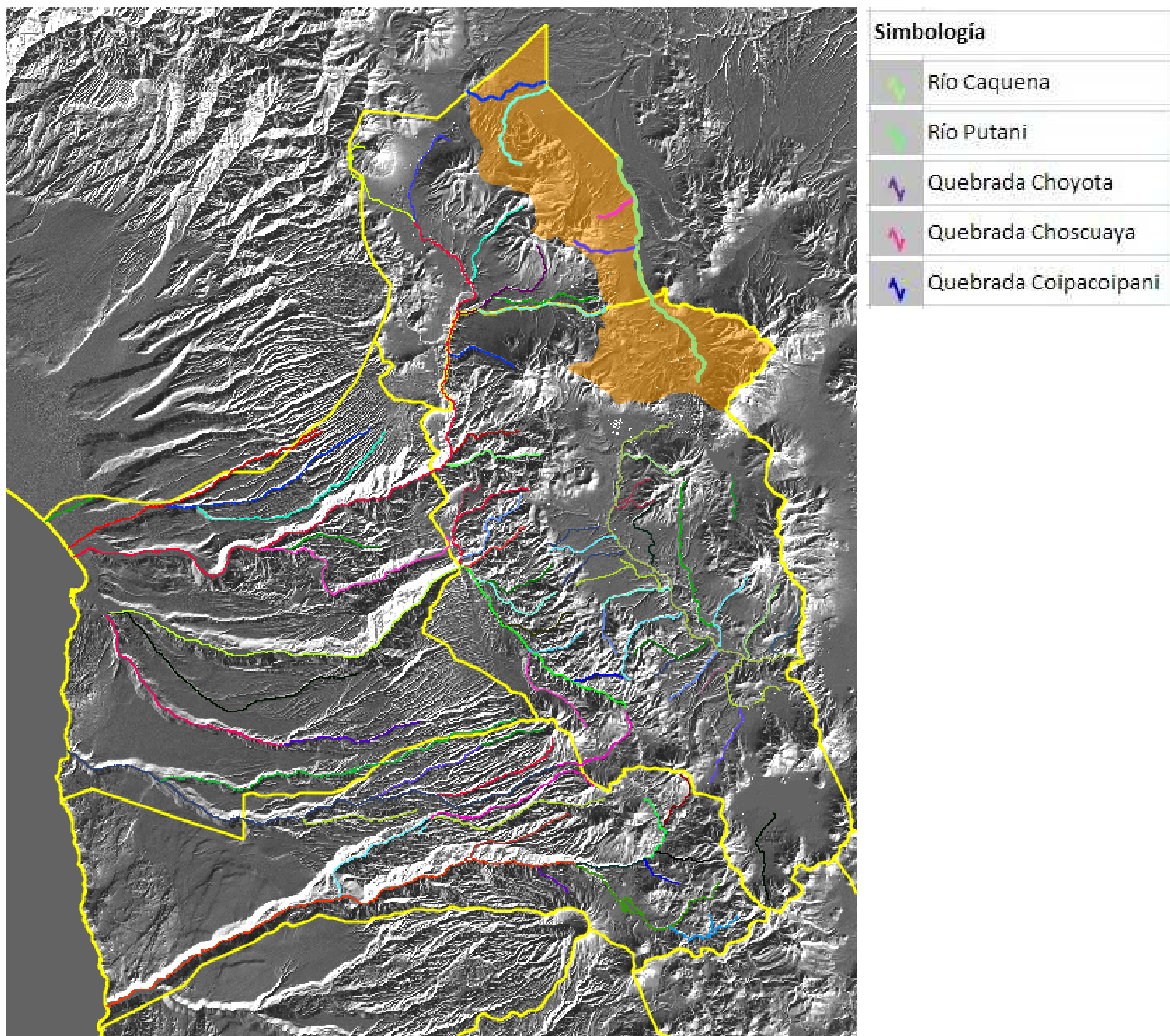
Fuente: Estimaciones de Demanda de Agua y Proyecciones Futuras. Zona I Norte. Regiones I a IV. DGA – MOP 2007

Los ríos de esta cuenca presentan escurrimiento permanente, a pesar de estar las precipitaciones concentradas en los meses del invierno altiplánico. Este fenómeno se debe a que parte importante de la precipitación cae en forma de nieve, la cual tiene un derretimiento lento a causa de las bajas temperaturas existentes en la zona.

Una característica destacada de esta cuenca, es que en torno a los ríos se producen humedales denominados bofedales, con abundante vegetación nativa que conforma praderas, siendo estos utilizados desde épocas remotas como campos de pastoreo de camélidos domésticos.

b) Límites y características de los principales cursos y cuerpos de agua de la cuenca

Figura Nº13 Cuenca Caquena



Fuente: Elaboración propia basado en información DGA-MOP

El río Caquena en Nacimiento presenta un caudal generado de 179 l/s y medido de 310 l/s, por lo que se puede asumir que en dicha cuenca el caudal de salida sería de 310 l/s. En el transcurso se incorporan la quebrada Choyota y la Choscuaya. Finalmente, en el cierre de la cuenca de Caquena en Vertedero, se obtiene un caudal total de 1.715 l/s, los cuales se desglosan en 705 l/s subterráneos y 1.010 l/s superficiales, correspondientes a los caudales de salida en toda la cuenca. Cabe hacer presente que la cuenca al estar seccionada por los límites político-administrativos de frontera con Peru y con Bolivia, cuenta además con dos curso de agua mas, el río Putani que tiene su naciente dentro del subterritorio de esta cuenca y el río Coipacoipani cuya naciente se encuentra en la frontera con Perú, cruzando por territorio nacional aproximadamente unos 17km.

c) Inventario de recursos Hídricos Superficiales y Subterráneos

Sobre los recursos superficiales la DGA, ha determinado en base a los caudales medios mensuales anuales, que el rendimiento específico para distintas probabilidades de excedencia, en el caso del río Caquena, es el siguiente:

Cuadro Nº28

Recursos Superficiales Río Caquena. Cuenca	P= 20% Q (m3/s)	P=40% Q (m3/s)	P=60% Q (m3/s)	P=80% Q (m3/s)
Río Caquena en Vertedero	1.51	1.29	1.12	0.97

Fuente: Plan de Acción Estratégico para el Desarrollo Hídrico de la Región de Arica y Parinacota, 2011, DGA

Gasto Caudal Medio Mensual y anual

Cuadro Nº29

Nº		Estación Fluviométrica	Años de Registro	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Est.	Coef. Asim.	Coef. Var.
1	*	Río Caquena en Nacimiento	24	0,26	0,72	0,45	0,09	0,66	0,20
2	*	Río Caquena en Vertedero	36	0,40	2,13	1,19	0,39	0,85	0,33

Fuente: Plan de Acción Estratégico para el Desarrollo Hídrico de la Región de Arica y Parinacota, 2011, DGA

Sobre la disponibilidad del recurso subterráneo a la fecha no existen estimaciones aun cuando se sabe de su existencia. Sobre la calidad de agua, la DGA, desde el año 1998, sólo monitorea en forma continua el caudal superficial, y ha obtenido datos de las características químicas de las aguas del Río Caquena.

Cuadro Nº 30

Parámetros	Sector Vartedero	Nch. 1.333
pH	8,4	5,5 – 9,0
CE (mhos/cm)	1.217	----------------
Sulfato (mg/l)	192,74	250

Fuente: Plan de Acción Estratégico para el Desarrollo Hídrico de la Región de Arica y Parinacota, 2011, DGA

d) Ecosistemas

La cuenca de Caquena es rica en Bofedales , siendo los más destacados Putani, Visviri, Cosapilla, Guacoyo, Caquena, Lagunillas, no hay Salares, Estuarios ni Embalses, existen varios Acuíferos algunos protegidos, como el de Caquena, tiene varios cursos de agua permanente que fluyen hacia el oriente ingresando a territorio Boliviano, el de mayor extensión es el río Caquena que se une con el Cosapilla, otro río de menor extensión es el Putani, que tiene su naciente en la frontera con Perú y cruza el territorio nacional para también ingresar a Bolivia, no hay registro de Aguas Hidrotermales en esta cuenca. Estos

Ecosistemas soportan servicios de Provisión de Agua Potable Rural, Peces, Agua para Bebida y Pastoreo de animales, Fibras, también soporta servicios Culturales de Excursiones, Turismo, Belleza Escénica, Valoración Étnica.

e) Uso y Tenencia del Agua

- **Uso Agropecuario**

La cuenca posee varios bofedales en los cuales se ha desarrollado la actividad ganadera de camélidos, en particular de Alpacas y Llamas, existiendo una abundante cantidad de cabezas de ganado 13.931 Alpacas y 13.025 Llamas según censo INE 2007, estos animales producen lana de buena calidad, sin embargo este recurso es sub utilizado debido a que no se cuenta con infraestructura adecuada para su faenamiento, como también los recursos energéticos y sanitarios son escasos para un mejor y mayor aprovechamiento de la lana de estos animales domésticos..

Esta actividad requiere de pastoreo desarrollado en la extensión, lo cual ha generado una ocupación del territorio por estancias, en donde se van trasladando los pastores con sus rebaños para aprovechar los pastos naturales que sirven de base a la alimentación de estos camélidos. Asociado a esta actividad centenaria, hay una serie de ritos y actividades que forman parte de la etnia asentada en esta región.

- **Uso Agua Potable**

En esta cuenca no hay producción de agua potable urbana, sin embargo se está desarrollando varias iniciativas de Agua Potable Rural, para mejorar las condiciones sanitarias y de vida de los habitantes, y poder dar valor agregado de esta forma a sus productos.

- **Uso Industrial**

No hay antecedentes de la existencia de actividades industriales que demanden recursos hídricos en esta cuenca

- **Uso Minero**

No hay antecedentes de la existencia de actividades mineras que demanden recursos hídricos en esta cuenca. Cabe hacer presente que existen varias pertenencias mineras registradas en Sernageomin, pero que no tienen actividad.

- **Uso Generación de Energía**

No hay antecedentes de la existencia de centrales generadoras en la zona. Sin embargo dada las características volcánicas de la zona con la presencia del centro volcánico Parinacota y los abundantes afloramientos de aguas termales, permiten presumir un alto potencial de energía geotérmica.

- **Uso Forestal**

En esta cuenca no existen demandas de riego asociadas a especies forestales. Sin embargo hay antecedentes de bosques nativos de Queñoas y concentraciones de Llareta, especies endémicas de esta región.

- **Uso Acuícola**

De acuerdo al informe de fiscalización de Pesca Recreativa y Prospección de la situación de la Trucha Arcoíris en el Altiplano Chileno, en esta cuenca el año 1991 la ONG Apacheta entrego asistencia técnica a agrupaciones aymara para la instalación de módulos de cultivo de trucha arcoíris, luego en 1996 Sernapesca apoyó técnicamente las autorizaciones para cinco pisciculturas, las cuales declararon actividades hasta el año 2001, posteriormente fueron terminando sus actividades por diversas causas.

- **Uso Turismo**

No existe instalación hotelera en esta cuenca. Pero se puede destacar el evento cultural de la esquila que concentra una confluencia de turistas para esa ocasión y para otras festividades culturales como el inicio del año Aimara o actividades de integración entre los tres países. La cuenca es rica en paisajes espectaculares y de características atmosféricas muy particulares y rústicas casi virginales de un gran atractivo para el turismo de intereses especiales o de estudio. El mejoramiento de la ruta A-93 con una carpeta asfáltica permitirá una mejor accesibilidad para el turismo de esta zona.

- **Uso Receptor de Contaminantes**

No hay antecedentes de la existencia de descargas a cuerpos superficiales significativas en esta cuenca.

- **Uso Caudal Ecológico**

No hay estudios que permitan definir un caudal ecológico.



CUENCA HIDROGRAFICA DE CHUNGARA

a) Caracterización Física Geográfica de la Cuenca Hidrográfica

La cuenca del río Chungará, es la primera cuenca de norte a sur en el Altiplano que se encuentra completamente en territorio chileno. Es una cuenca de características endorreicas, alongada en la dirección norte – sur, y rodeada por el poniente por la cuenca del Lauca. Su límite oriental es parte de la frontera con Bolivia. El clima imperante en el sector es estepario de altura y se caracteriza por ser extremadamente seco la mayor parte del año, con excepción del período comprendido entre los meses de Diciembre a Marzo, cuando se producen las mayores precipitaciones (Montti y Henríquez, 1970). Este patrón de precipitación de verano es conocido informalmente como 'Invierno Altiplánico' o 'Invierno Boliviano' y representa la humedad proveniente del Océano Atlántico.

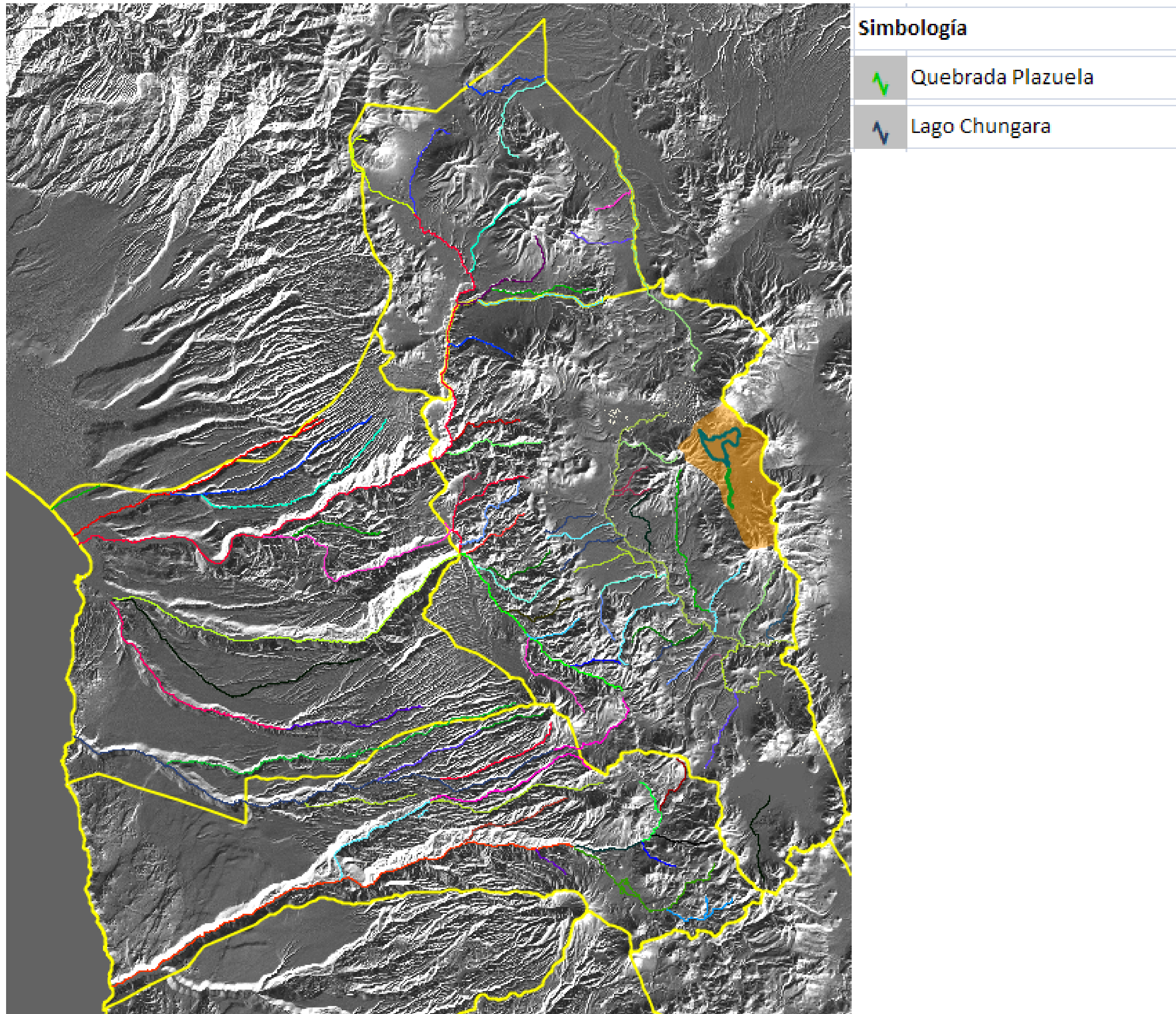
El lago Chungará es un cuerpo de agua dulce, situado a 4.544 m s.n.m., con una superficie de 21,5 km^2 y una profundidad máxima de 36 a 40 m (Valero *et al*., 2003) y un volumen almacenado cercano a los 465 MMm3. El lago se alimenta superficialmente por el río Chungará, que desemboca en el margen suroriental, con un caudal que varía entre 0,3 y 0,5 m^3seg (Dorador *et al*., 2003). Además, el lago recibe aportes superficiales de las quebradas Plazuela y Sopocalane como también de una serie de manantiales situados en las laderas de los volcanes que rodean el lago. Dado que en la zona de estudio no se han realizado perforaciones, no se dispone de datos de permeabilidad y de gradiente hidráulico para estimar los aportes de agua subterránea que alimentan al lago Chungará. El volumen promedio del agua almacenada en el lago es de 400 hm^3 (Mühlhauser *et al*., 1995), y la evaporación media potencial anual en el lago de 1.230 mm (Risacher *et al*., 1999). Teniendo en cuenta sólo la descarga anual por evaporación en el lago (aproximadamente 26 hm^3/año), se puede estimar un tiempo medio de residencia del agua en el lago de aproximadamente 15 años. Por otro lado, deben considerarse las descargas subterráneas de las aguas del lago, las cuales fluyen por un depósito de brechas (originadas por colapso del volcán Parinacota).

b) Límites y características de los principales cursos y cuerpos de agua de la cuenca

La principal alimentación del lago proviene del río Chungará, que drena un área oriental a los pies de los nevados de Quimsachata (cerros Acotango, Capurata y Umarata). Es un río de poca longitud, al igual que varios de los ríos que se desarrollan en el altiplano, debido a que los grandes volcanes o cerros de esta zona caen abruptamente a los valles donde se forman lagunas y salares, con un caudal en estiaje de 300 l/seg y 460 l/seg en época de lluvias. También hay tributarios de

menor envergadura, que caen al lago desde los cerros que lo rodean desde el este (cerros de Quisiquisini), al igual que los afluentes desde los pies del cerro Choquelimpie al poniente y por el sur (estero Sopocolane y vertientes Mal Paso y Ajata).

Figura Nº14 Cuenca Chungara



Fuente: Elaboración propia basado en información DGA-MOP

c) Inventario de recursos Hídricos Superficiales y Subterráneos

Los primeros estudios de las aguas en la zona de Chungará-Cotacotani tuvieron como objeto el control de la calidad química de las mismas para evaluar su uso en regadío (Mladinic *et al.*, 1984). Risacher *et al.* (2003) estudiaron la hidroquímica de las aguas en todas las cuencas del Altiplano chileno con especial énfasis en las aguas de lagos salinos, aunque también proporcionaron datos sobre las subcuencas del lago Chungará y las lagunas de Cotacotani. Dorador *et al.* (2003), en un estudio reciente sobre

microfauna del lago Chungará, proporcionan datos relativos a las variaciones temporales de parámetros físicos y químicos de las aguas del lago Chungará.
Aparte de los trabajos hidroquímicos mencionados, no hay estudios hidrogeológicos previos en la zona. No hay pozos o sondeos que permitan conocer el sistema de circulación de las aguas subterráneas, como tampoco estudios sobre la relación de los cuerpos de agua superficial con las aguas subterráneas. Este desconocimiento hidrogeológico ha generado problemas en la utilización de los recursos hídricos en la zona. Así, en los años setenta se intentó explotar el agua del lago Chungará, a través de un bombeo intensivo, con objeto de abastecer de agua dulce la actividad agrícola que se desarrolla en el valle de Azapa. No obstante, esta explotación fue rápidamente detenida a causa de un descenso significativo del nivel del agua en el lago, que comenzó a afectar la flora y fauna del lugar.

Cuadro Nº31

CUENCA	SUPERFICIE	PRECIPITACIÓN	ESCORRENTIA	EVAPTRANSP.	EVAPORACIÓN
CAQUENA Y OTRAS	1268	336	91	245	-
LAGO CHUNGARA	257	341	0	215	86
RIO LAUCA LAUCA	2.406	249	32	201	6
SALAR SURIRE	537	251	0	143	108

Fuente: Estimaciones de Demanda de Agua y Proyecciones Futuras. Zona I Norte. Regiones I a IV. DGA – MOP 2007

Balance Hídrico
Los antecedentes técnicos (niveles piezométricos, hidroquímica e isótopos, y balance hídrico) muestran la existencia de una conexión hidrológica entre esta cuenca y la cuenca del Lauca, estimada en un orden de 100 l/s.

d) Ecosistemas

Esta cuenca en su condición de ser cerrada no cuenta con Estuario, y su principal ecosistema lo forma el Lago Chungara, no hay embalses artificiales, hay bofedales en el entorno del lago y en sus pequeños afluentes, no hay registros de Aguas Hidrotermales, y solo hay pequeños ríos que alimentan al lago, existe un canal artificial en desuso de trasvasije de agua del lago a la laguna Cotacotani. Soporta servicios ecosistémicos de Provisión de Agua Potable Rural, Agua para Bebida de Pastoreo, soporta además Servicios Culturales de Excursiones, Turismo, Belleza Escénica, Valoración Étnica.

e) Uso y Tenencia del Agua

En la década de los ochentas, el MOP dio curso a la construcción del canal Chungará cuyo objetivo era trasvasar recursos de agua desde el Lago Chungará a la Laguna Cotacotani, siendo esta última el reservorio de regulación del sistema Lauca-Azapa, El proyecto se fundamentaba sobre la base de los recursos excedentes de evaporación, que se producirían al disminuir artificialmente la superficie del espejo de agua del Lago. Esta infraestructura se construyo y se puso en operación, pero por un periodo muy breve, ya que se interpuso un recurso de protección por las posibles interferencias al ecosistema del lago y de esta manera dejo de operar.

- **Uso Agropecuario**

La cuenca posee algunos bofedales en los cuales se desarrolló una actividad ganadera de camélidos, que en la actualidad no se practica, existiendo una cantidad de camélidos silvestres que se desplazan por la zona, que no constituyen un uso agropecuario.

- **Uso Agua Potable**

En esta cuenca no hay producción de agua potable urbana, sin embargo se está desarrollando iniciativas de Agua Potable Rural, para mejorar las condiciones sanitarias y de vida de los habitantes y funcionarios de servicios públicos encargados del paso fronterizo.

- **Uso Industrial**

No hay antecedentes de la existencia de actividades industriales que demanden recursos hídricos en esta cuenca

- **Uso Minero**

No hay antecedentes de la existencia de actividades mineras que demanden recursos hídricos en esta cuenca.

- **Uso Generación de Energía**

No hay antecedentes de la existencia de centrales generadoras en la zona. Sin embargo dada las características volcánicas de la zona con uno de los volcanes más activos de los últimos miles de años y los abundantes afloramientos de aguas termales, permiten presumir un alto potencial de energía geotérmica.

- **Uso Forestal**

En esta cuenca no existen demandas de riego asociadas a especies forestales. Sin embargo hay evidencias de abundantes Llaretales, especies endémicas de esta región.

- **Uso Acuícola**

No hay antecedentes de la existencia de concesiones o autorizaciones para desarrollar actividades acuícolas en los cauces ni en el lago de la zona. Según el Informe de Fiscalización de Pesca Recreativa y Prospección de la situación de la Trucha Arcoíris en el Altiplano Chileno, en esta cuenca se ha registrado la presencia de la Trucha Arcoíris, la cual habría sido introducida informalmente, ya que la cuenca es cerrada, y no tiene contacto con los ríos donde se desarrollo piscicultura, y esta trucha estaría teniendo el comportamiento de depredador de la especia endémica Orestias Chungarensis, poniendo en peligro a esta especie.

- **Uso Turismo**

No existe instalación hotelera en esta cuenca, pero se puede destacar el permanente flujo de turistas para contemplar el lago Chungara, volcán Payachata, avistamiento de parinas y otras aves, existe la posibilidad de pernoctar en un refugio de CONAF. La cuenca es de características atmosféricas muy particulares y rústicas casi virginales de un gran atractivo para el turismo de intereses especiales o de estudio, como lo son las aves, deportes acuáticos o de montañismo, también cabe mencionar que en esta cuenca se encuentra el principal paso fronterizo con Bolivia, por el cual acceden turistas de ese país como también salen turistas nacionales al vecino país, mediante vehículos particulares o buses.

- **Uso Receptor de Contaminantes**

No hay antecedentes de la existencia de descargas a cuerpos superficiales en esta cuenca. Sin embargo se puede mencionar algunos casos de accidentes de camiones que han derramado elementos tóxicos en la ruta 11Ch.

- **Uso Caudal Ecológico**

No hay estudios de los escurrimientos de aguas que permitan definir un caudal ecológico.



CUENCA HIDROGRAFICA DEL LAUCA

a) Caracterización Física Geográfica de la Cuenca Hidrográfica

La superficie de la hoya del Lauca, en territorio chileno, alcanza a 2.350 km2. El origen del Lauca es el río Desaguadero, que es el emisario de las lagunas Cotacotani. Este cuerpo de agua se desarrolla al nororiente del lago Chungará y ambos quedan separados por un portezuelo de rocas volcánicas de 4 Km. de ancho. La Laguna Cotacotani tiene una superficie aproximada de 6 km2 y la profundidad media asciende a unos 10 m.

Las lagunas de Cotacotani forman un complejo sistema de cuerpos de agua, algunos de ellos desconectados entre sí, situado al noroeste del lago Chungará. El nivel medio de sus aguas se sitúa a 4.526 m, es decir 18 m por debajo del nivel del agua del lago Chungará. Las lagunas están separadas del lago por una franja de brechas volcánicas, generadas durante un evento explosivo holoceno que colapsó un antiguo edificio del actual volcán Parinacota (Clavero *et al.*, 2002, 2004). Estos depósitos están formados por bloques de lava de composición andesítica y riolítica que, en algunos casos, pueden tener varios metros de diámetro y que, en general, se encuentran distribuidos de forma caótica. En el conjunto de las lagunas de Cotacotani se reconoce una gran laguna principal y otras de menor tamaño. La laguna principal abarca una superficie aproximada de 5,2 km^2 que, durante los períodos de menor aporte, reduce su superficie de agua libre a unos 4,1 km^2. La profundidad máxima de esta laguna es de 20 m. Uno de sus tributarios superficiales más importantes es el río Benedicto Morales, situado en el extremo noreste de la laguna principal y cuyas aguas provienen de surgencias de manantiales situados en la parte nororiental del volcán Parinacota. Durante los períodos de nivel de agua bajo, un conjunto de lagunas de menor tamaño quedan aisladas de la laguna principal de Cotacotani, destacando la laguna Seca que tiene una profundidad máxima de 8 m cuando está conectada a la laguna principal de Cotacotani, y de 1 m cuando queda aislada. En la vecindad de la laguna principal de Cotacotani existen algunas lagunas de menor tamaño que están permanentemente desconectadas de la misma. Las lagunas de Cotacotani tienen un desagüe superficial hacia el bofedal de Parinacota a través de un umbral rocoso, con un caudal medio de 0,44 m^3/seg (DGA, 1987), que recibe el nombre de río Desaguadero y da origen al río Lauca

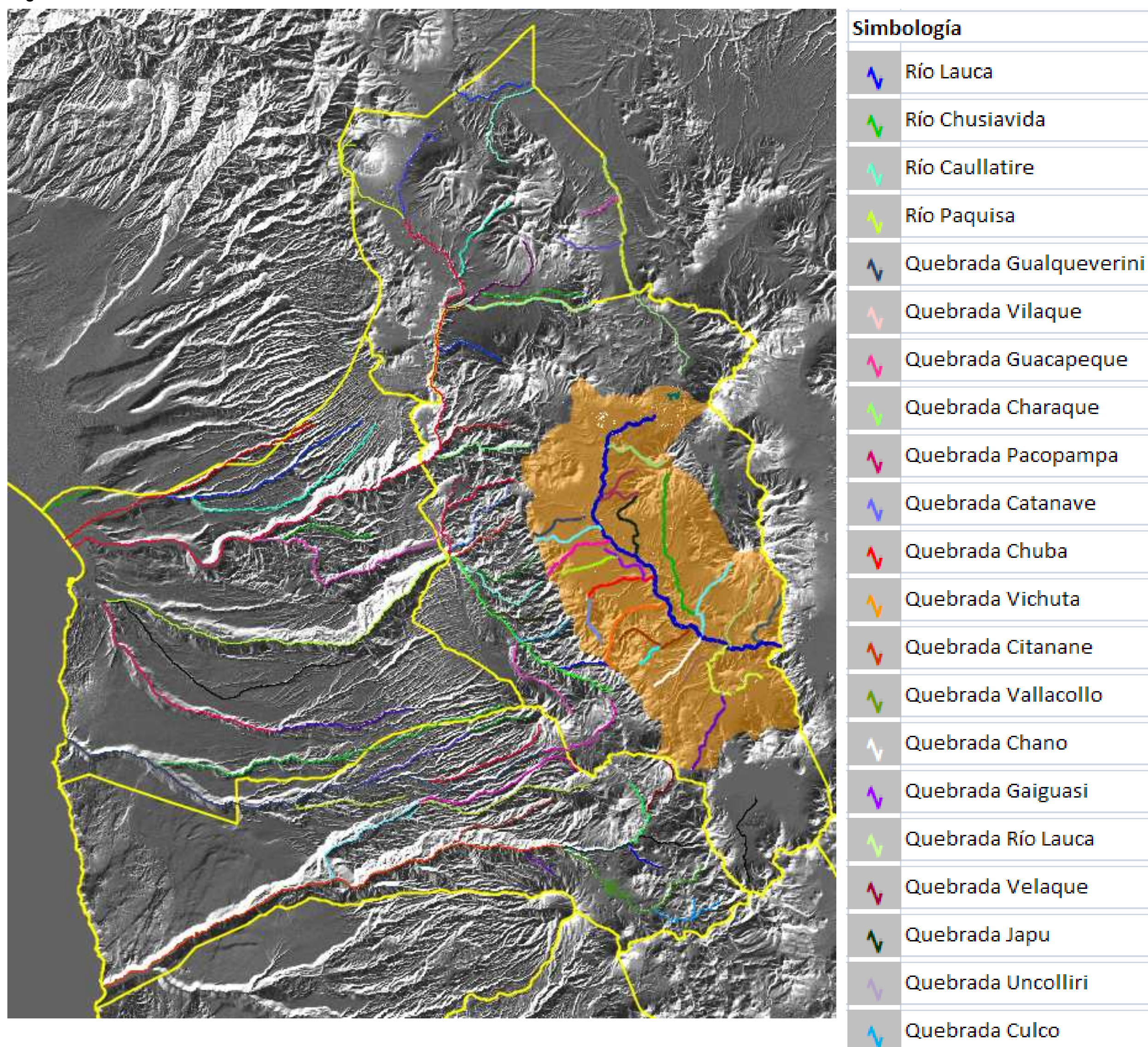
El río Desaguadero, después de un cauce de mucha pendiente, cae a la depresión de la ciénaga de Parinacota, donde se le reúnen varias vertientes para constituir en definitiva el río Lauca propiamente tal.

b) Límites y características de los principales cursos y cuerpos de agua de la cuenca

Esta cuenca se ha dividido en 3 sectores, considerando como punto de cierre estaciones fluviométricas que cuentan con suficiente información de caudales (al menos 10 años). Los sectores tomadas en cuenta fueron los siguientes: Río Lauca en Estancia El Lago, Río Guallatire en Guallatire, Río Lauca en Japu.

Cuenta con cuatro cursos de agua con escorrentía permanente, siendo los ríos Paquisa, Caullatire, Chusiavida y el principal Lauca, que se interna en territorio boliviano. Existen varias otras quebradas que aportan agua en época estival.

Figura Nº15 Cuenca Lauca



Fuente: Elaboración propia basado en información DGA-MOP

c) Inventario de recursos Hídricos Superficiales y Subterráneos

La cuenca hidrogeológica del río Lauca se extiende desde la latitud 18º10'hasta la latitud 18º40' sur. La litología asociada a la cuenca hidrogeológica del río Lauca (territorio nacional) es principalmente de dos tipos, uno de ellos corresponde a rocas volcánicas fracturadas constituidas por coladas, tobas y brechas con intercambio de sedimentos clásticos continentales de los períodos terciario y cuaternario, caracterizados por una permeabilidad media. El otro tipo corresponden a depósitos no consolidados, rellenos conformados por sedimentos fluviales, glaciales, aluviales y lacustres del periodo cuaternario, que poseen alta permeabilidad. El acuífero drena totalmente hacia la frontera con Bolivia movilizándose hacia las depresiones altiplánicas.

Cuadro Nº 32

CUENCA	SUPERFICIE	PRECIPITACIÓN	ESCORRENTIA	EVAPTRANSP.	EVAPORACIÓN
CAQUENA Y OTRAS	1268	336	91	245	-
LAGO CHUNGARA	257	341	0	215	86
RIO LAUCA LAUCA	2.406	249	32	201	6
SALAR SURIRE	537	251	0	143	108

Fuente: Estimaciones de Demanda de Agua y Proyecciones Futuras. Zona I Norte. Regiones I a IV. DGA – MOP 2007

Balance Hídrico

El caudal generado en la primera subcuenca (526 l/seg) es claramente menor al caudal medido en la estación Lauca en Estancia El Lago (Est. Nº 6), debido a la presencia del canal Lauca que extrae aproximadamente 600 l/seg continuos. Si se suma el caudal medido en la estación Nº 6 con el caudal del canal Lauca, y se resta las evaporaciones de la Laguna Cotacotani (200 l/seg aprox.), se llega a que el caudal generado es muy similar al caudal que pasaría por el cierre de la primera subcuenca (526 l/seg v/s. 546 l/s); la escorrentía total de salida no comprometida en la primera subcuenca es de 146 l/seg. Continuando con el balance hacia aguas abajo, la escorrentía de salida en la subcuenca del río Guallatire en Guallatire es de 369 l/seg. Finalmente, en la cuenca del Lauca hasta la estación Lauca en Japu, se produciría una escorrentía de salida de 2.690 l/s.

Cuadro Nº33

CUENCA	SUPERFICIE (Km^2)	CAUDAL (Q) (m^3 /s)	Q(l/s/Km^2)
RIO CAQUENA (')	1.268	3,67	2,89
RIO LAUCA (')	2.406	2,46	1,02

Fuente: Estimaciones de Demanda de Agua y Proyecciones Futuras. Zona I Norte. Regiones I a IV. DGA – MOP 2007

d) Ecosistemas

La cuenca Lauca al fluir hacia el oriente, no desemboca en Estuario en el territorio nacional, tampoco se encuentran salares, la naciente está conformada por una serie de Lagunas denominadas Cotacotani, desde el cual se ha generado un sistema artificial consistente en el Canal Lauca que trasvasija aguas hasta la planta de generación eléctrica en Chapiquiña y alimenta al río Tignamar que se encuentra en otra cuenca, también cuenta con una cantidad considerable de Bofedales y hay registradas fuentes de Aguas Hidrotermales. Los servicios ecosistémicos que soporta esta cuenca son de Provisión de Agua Potable Rural, Agua para Bebida y Pastoreo, Servicios Culturales de Excursión, turismo, Centros Termales, Belleza Escénica y Valoración Étnica.

Cuadro Nº34 Uso del Agua Lauca

Cauce	Segmento	Usos in situ		Extractivos					Biodiversidad*	Ancestrales
		Acuicultura	Pesca Deportiva Y Recreativa	Riego	Captación A.P.	Hidroelectricidad	Actividad Industrial	Actividad Minera		
Río Desaguadero	1020DE10								•	
Río Lauca	1020LA10	■	■	•	■	•	■	■	•	•
	1021LA10	■	■		■	■	■	■	•	■
Río Guallatire	1021GU10	■	■	•	■	■	■	■	•	•
	1021GU20	■	■	•	■	■	■	■	•	•

Fuente: DGA

e) Uso y Tenencia del Agua

El total de derechos superficiales regularizados alcanza los 2,674.3 l/seg, los cuales pertenecen a las comunidades indígenas de la zona, por su parte, los derechos superficiales constituidos alcanzan los 1,133.0 l/seg y pertenecen íntegramente a los usuarios del Canal Azapa. Respecto a los derechos de agua subterránea, un total de 68 l/seg se encuentran constituidos para la Sociedad Minera Contractual Vilacollo y, pendientes en su tramitación, se encuentran 342 l/seg asociados a una solicitud sobre 7 pozos construidos por la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) del MOP, cuya solicitud original, de fecha 27 de Octubre del año 1993, consta a nombre de la Empresa de Servicios Sanitarios de Tarapacá S.A, siendo posteriormente traspasada mediante escritura pública, de fecha 7 de marzo de 1995, a la Dirección General de Obras Hidráulicas.

Cabe señalar que la situación pendiente de los pozos DOH-MOP, se refiere tanto a la evaluación de disponibilidad a nivel de acuífero, la que aún no se ha establecida oficialmente, ya que sólo se ha resuelto la disponibilidad a nivel de captación, como también a los estudios de impactos ambientales, que a pesar de haber sido resueltos con la obtención de una RCA, fueron suspendidos posteriormente por el propio MOP. En este sentido, para continuar la tramitación de estos expedientes se requiere efectuar tanto un estudio de balance hídrico detallado sobre la cuenca del Lauca, como sobre el acuífero en cuestión, así como también los estudios ambientales orientados a despejar las incertidumbres asociadas a los efectos de un eventual cambio en el régimen natural del río Lauca.

- **Uso Agropecuario**

La cuenca posee algunos bofedales en los cuales se desarrolló una actividad ganadera de camélidos, que en la actualidad no se practica, existiendo una cantidad de camélidos silvestres que se desplazan por la zona, que no constituyen un uso agropecuario.

- **Uso Agua Potable**

En esta cuenca no hay producción de agua potable urbana, sin embargo hay instalación de Agua Potable Rural, para mejorar las condiciones sanitarias y de vida de los habitantes y funcionarios policiales.

- **Uso Industrial**

No hay antecedentes de la existencia de actividades industriales que demanden recursos hídricos en esta cuenca

- **Uso Minero**

En esta cuenca se encuentra la mina de oro Choquelimpie, la cual actualmente se encuentra inactiva, y que tuvo actividades mineras que demandaron recursos hídricos en sus procesos.

- **Uso Generación de Energía**

No hay antecedentes de la existencia de centrales generadoras en la zona. Sin embargo dada las características volcánicas de la zona con el volcán Guallatire, uno de los volcanes más activos de los últimos miles de años y los abundantes afloramientos de aguas termales, permiten presumir un alto potencial de energía geotérmica.

- **Uso Forestal**

En esta cuenca no existen demandas de riego asociadas a especies forestales. Sin embargo hay evidencias de abundantes Llaretales, especies endémicas de esta región.

- **Uso Acuícola**

No hay antecedentes de la existencia de concesiones o autorizaciones para desarrollar actividades acuícolas en los cauces. Cabe mencionar que entre los años 1991 y 1997 se realizaron estudios y constato la existencia de truchas en los cauces de agua próximos al volcán Guallatire. De acuerdo a encuestas realizadas incluidas en el Informe de Fiscalización de Pesca Recreativa y Prospección de la situación de la Trucha Arcoíris en el Altiplano Chileno

- **Uso Turismo**

En esta cuenca tampoco existe instalación hotelera, pero se puede destacar el permanente flujo de turistas para contemplar el paisaje altiplánico con sus estepas y el volcán Guallatire. La cuenca se ubica en una zona de características atmosféricas muy extremas y rústicas, prístinas de un gran atractivo para el turismo de intereses especiales o de estudio, como lo son el trecking,

observación de camélidos salvajes y otros animales silvestres, el montañismo y la pesca deportiva, también cabe mencionar que esta cuenca tiene rutas en estado muy rústico que no facilitan su accesibilidad.

- **Uso Receptor de Contaminantes**

No hay antecedentes de la existencia de descargas a cuerpos superficiales significativas en esta cuenca. Pero cabe mencionar que está instalada la mina Choquelimpie que en sus procesos podría considerar algún tipo de contaminante, actualmente se encuentra inactiva.

- **Uso Caudal Ecológico**

No hay estudios de los escurrimientos de aguas que permitan definir un caudal ecológico.



CUENCA HIDROGRÁFICA DE SURIRE

a) Caracterización Física Geográfica de la Cuenca Hidrográfica

La cuenca del Salar de Surire es una cuenca cerrada, ubicada al sur del río Lauca. Su superficie se encuentra casi completamente en Chile, a excepción de una pequeña proporción correspondiente a la cabecera de los afluentes que descienden desde la ladera noroccidental del cerro Lliscaya y el cerro Quilhuiri. La cuenca está bien delimitada por varios cerros que la rodean, los que aportan sus aguas a través de quebradas y cursos menores. El 90% de la superficie del salar está constituido de limos arcillosos salinos húmedos, muy resbalosos. Las lagunas, poco profundas, tienen una extensión variable dependiente de la época del año. Es una boratera donde se explota la ulexita (NaCaB5O9.8H2O) que forma lentes y capas muy cerca de la superficie. En el sector occidental del salar, en la boratera, la napa subterránea se encuentra a unos 50 cm de profundidad (análisis SUR-23). La geología del salar ha sido estudiada por Salas (1975). La evaporación y el balance hídrico del salar fueron estimados por
Grilli y Vidal (1986).

Cuadro Nº35

CUENCA	SUPERFICIE (Km^2)	COTA MEDIA	PRECIPITAC. ANUAL	CAUCES PRINCIPALES
RIO CAQUENA	(*)1268	4230	300-400	CAQUENA, COLPACAGUA Y COSAPILLA
RIO LAUCA	(*) 2406	4295	150-400	LAUCA, GUALLATIRE Y DESAGUADERO
SALAR SURIRE	537	4150	250-300	SURIRE

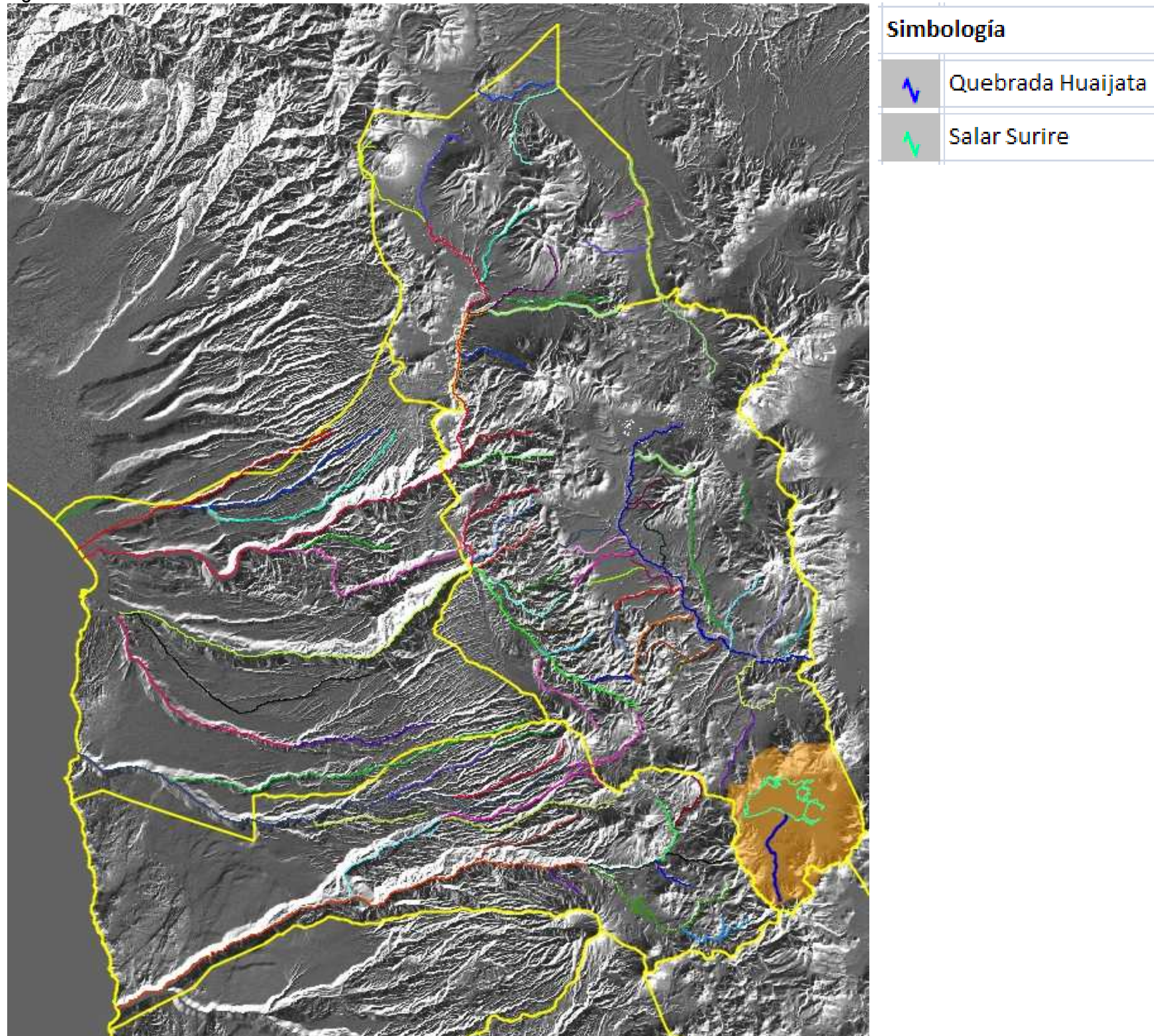
Fuente: Estimaciones de Demanda de Agua y Proyecciones Futuras. Zona I Norte. Regiones I a IV. DGA – MOP 2007

b) Límites y características de los principales cursos y cuerpos de agua de la cuenca

El principal afluente es el río Surire. Una buena parte del área de la cuenca es ocupada por el salar, zona en la que encuentran algunas lagunas de poca profundidad y extensión variable. Otras características de esta cuenca que la hacen distintiva son la

explotación de Bórax, que ha significado demanda de agua en su proceso, pero de baja cuantía. Otras particularidades son los géiseres de Polloquire, que representan una potencial fuente de recursos Geotérmicos, y su categoría de sitio Ramsar debido a su alta biodiversidad, que lo hacen parte del circuito turístico del altiplano de Arica-Parinacota

Figura Nº16 Cuenca Surire



Fuente: Elaboración propia en base a información DGA-MOP.

Finalmente, cabe señalar que gracias a la diversidad hidrográfica de la región existe un amplio desarrollo de ambientes ecológicos asociados a las particularidades de sus fuentes de agua, tales como humedales y ambientes acuáticos asociados a lagunas y salares de la meseta altiplánica, o los ambientes rivereños y humedales situados en los valles de la vertiente Pacífica. La importancia de estos ambientes no sólo reside en la belleza escénica que aportan, sino en el rol estratégico que juegan para la fauna local y un gran número de especies de aves migratorias.

c) Inventario de recursos Hídricos Superficiales y Subterráneos

El salar de Surire está rodeado de numerosos manantiales. Se ha muestreado y analizado 17 aguas de aporte: 11 vertientes fluyentes, 5 vertientes difusas y un riachuelo. Hay una vertiente que surge a dentro del salar mismo (SUR-20). Es el aporte más concentrado puesto que sus aguas atraviesan sedimentos salinos y napas de salmueras. Tres vertientes tienen fuerte influencia termal (t > 30 °C: SUR-2, 9, 20) y cinco tienen influencia termal menor (10 < t < 30 °C: SUR-6, 7, 12, 14, 15).

La calidad de las aguas de aporte del salar de Surire refleja su tipo químico. La aguas del oeste de la cuenca, de tipo Na-Cl / HCO3-SO4, presentan la mejor calidad tanto para el consumo humano como para el riego. Las aguas del este de la cuenca, de tipo Na / Cl, son de pésima calidad. Las aguas del sur (tipo Na-Ca-Mg / HCO3) y del norte (tipo Na-Ca-Mg / SO4) de la cuenca presentan una calidad regular. En general son aceptables para los componentes mayores, pero a menudo tienen un exceso de arsénico y boro.

Balance Hídrico

Para el caso de cuencas cerradas, la escorrentía es nula, por lo tanto se considera que la evaporación representa el uso o consumo del recurso, correspondiendo al flujo de escorrentía total del sistema.

Cuadro Nº 37

CUENCA	SUPERFICIE	PRECIPITACIÓN	ESCORRENTIA	EVAPTRANSP.	EVAPORACIÓN
CAQUENA Y OTRAS	1268	336	91	245	-
LAGO CHUNGARA	257	341	0	215	86
RIO LAUCA LAUCA	2.406	249	32	201	6
SALAR SURIRE	537	251	0	143	108

Fuente: Estimaciones de Demanda de Agua y Proyecciones Futuras. Zona I Norte. Regiones I a IV. DGA – MOP 2007

Cuadro Nº 38

CUENCA	SUPERFICIE (Km^2)	EVAPOR. (m^3 /s)	Q ESPEC. ($l/s/Km^2$)
CHUNGARA	257	0,70	2,72
SU RIRE	537	1,84	3,43

Fuente: Estimaciones de Demanda de Agua y Proyecciones Futuras. Zona I Norte. Regiones I a IV. DGA – MOP 2007

d) Ecosistemas

Esta otra cuenca cerrada, básicamente está configurada por el Salar Surire, el más grande de la región, tiene escasos Bofedales, y escasos cursos de aguas que fluyen hacia el salar, acuiferos

e) Uso y Tenencia del Agua

La planta de ulexita del la empresa Quiborax tiene constituido derechos sobre un pozo para extracción de 5,19L/seg.

- **Uso Agropecuario**

Hay escasas actividades de uso agropecuario en esta cuenca considerando ganadería camélida de subsistencia.

- **Uso Agua Potable**

En esta cuenca no hay producción de agua potable urbana, sin embargo existe instalaciones de Agua Potable Rural, para mejorar las condiciones sanitarias y de vida de los escasos habitantes, trabajadores de la minería y funcionarios policiales.

- **Uso Industrial**

No hay antecedentes de la existencia de actividades industriales que demanden recursos hídricos en esta cuenca

- **Uso Minero**

Hay antecedentes de la existencia de actividades mineras de Quiborax que demanden recursos hídricos en esta cuenca.

- **Uso Generación de Energía**

No hay antecedentes de la existencia de centrales generadoras en la zona. Sin embargo dada las características volcánicas de la zona con uno de los volcanes más activos de los últimos miles de años y los abundantes afloramientos de aguas termales, permiten presumir un alto potencial de energía geotérmica.

- **Uso Forestal**

En esta cuenca no existen demandas de riego asociadas a especies forestales. Sin embargo hay evidencias de abundantes Llaretales, especies endémicas de esta región.

- **Uso Acuícola**

No hay antecedentes de la existencia de concesiones o autorizaciones para desarrollar actividades acuícolas en los cauces ni en el lago de la zona.

- **Uso Turismo**

No existe instalación hotelera en esta cuenca, pero se puede destacar el permanente flujo de turistas para contemplar el salar Surire, existe la posibilidad de pernoctar en un refugio de CONAF. Las características atmosféricas y paisajísticas muy particulares y rústicas de un gran atractivo para el turismo de intereses especiales o de estudio, como lo son las aves, de montañismo.

- **Uso Receptor de Contaminantes**

No hay antecedentes de la existencia de descargas a cuerpos superficiales significativas en esta cuenca.

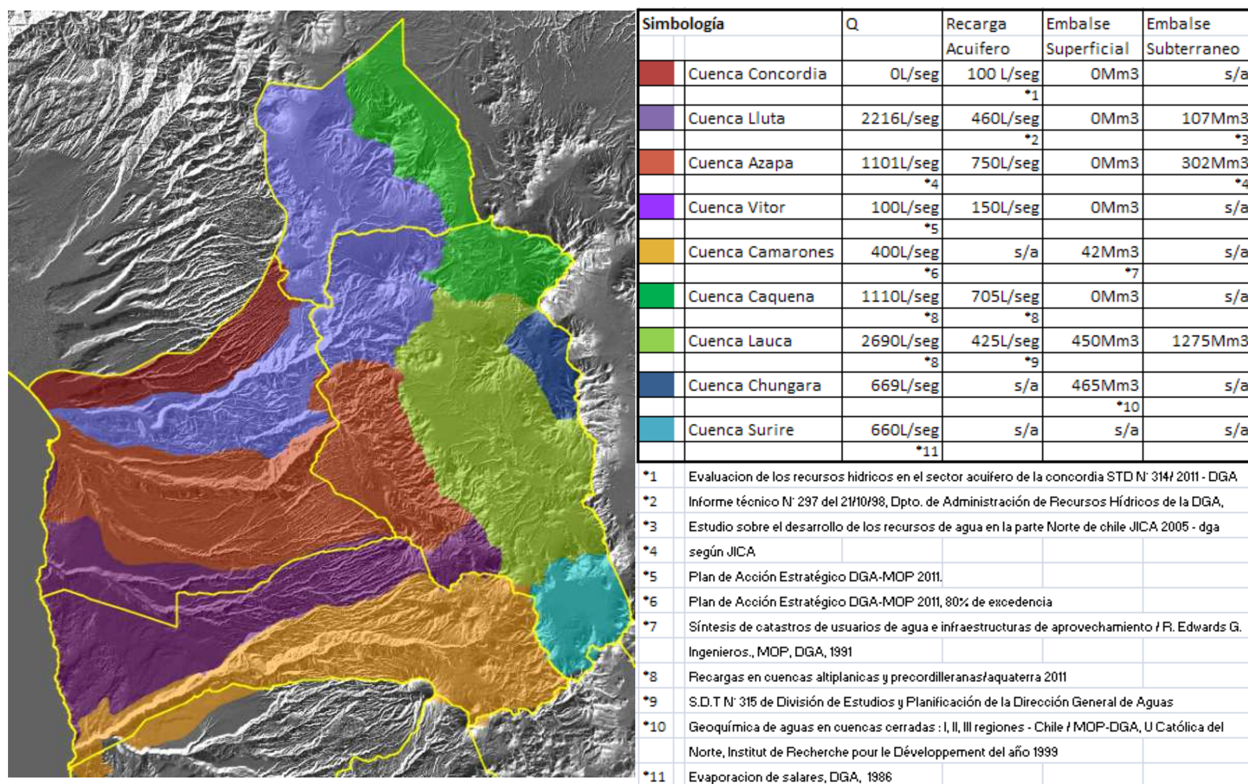
- **Uso Caudal Ecológico**

No hay estudios de los escurrimientos de aguas que permitan definir un caudal ecológico.

III. ANALISIS Y ZONIFICACIÓN DE CUENCAS

El propósito de esta etapa del estudio, tiene como fin analizar y diagnosticar la distribución espacial de los usos del territorio, con esto se pretende además aportar con información reunida para la formulación del PROT en lo atingente a orientar la promoción o desincentivación de algunas actividades en las unidades territoriales definidas como cuencas para este estudio, considerando al agua como recurso natural prioritario y que vincula todo lo que acontece dentro de estas unidades territoriales.
De esta forma se procederá a analizar y diferenciar la aptitud física del territorio y su vocación, considerando la aptitud como la conjunción de diversos aspectos para que una actividad se establezca con los requerimientos necesarios, es así que se aborda desde los criterios de Aptitud de Uso de Suelo y la Aptitud Hídrica, estableciéndose esto como la Aptitud Intrínseca. Por otra parte la vocación está relacionada con los aspectos culturales de los asentamientos humanos de estos territorios, generando influencias o actividades que impactan en particular sobre los recursos hídricos, y se aborda bajo los criterios de Zonas de Ocupación Actual y Áreas Ambientalmente Valiosas.
Como complemento a la información desarrollada en los capítulos precedentes, se ha realizado un cuadro comparativo de recursos hídricos por cada cuenca.

Figura Nº17 Cuencas XV Región



Simbología	Q	Recarga Acuifero	Embalse Superficial	Embalse Subterraneo
Cuenca Concordia	0L/seg	100 L/seg *1	0Mm3	s/a
Cuenca Lluta	2216L/seg	460L/seg *2	0Mm3	107Mm3 *3
Cuenca Azapa	1101L/seg *4	750L/seg	0Mm3	302Mm3 *4
Cuenca Vitor	100L/seg *5	150L/seg	0Mm3	s/a
Cuenca Camarones	400L/seg *6	s/a	42Mm3 *7	s/a
Cuenca Caquena	1110L/seg *8	705L/seg *8	0Mm3	s/a
Cuenca Lauca	2690L/seg *8	425L/seg *9	450Mm3	1275Mm3
Cuenca Chungara	669L/seg	s/a	465Mm3 *10	s/a
Cuenca Surire	660L/seg *11	s/a	s/a	s/a

*1 Evaluacion de los recursos hidricos en el sector acuifero de la concordia STD N° 314/ 2011 - DGA
*2 Informe técnico N° 297 del 21/10/98, Dpto. de Administración de Recursos Hídricos de la DGA,
*3 Estudio sobre el desarrollo de los recursos de agua en la parte Norte de chile JICA 2005 - dga
*4 según JICA
*5 Plan de Acción Estratégico DGA-MOP 2011.
*6 Plan de Acción Estratégico DGA-MOP 2011, 80% de excedencia
*7 Síntesis de catastros de usuarios de agua e infraestructuras de aprovechamiento / R. Edwards G. Ingenieros., MOP, DGA, 1991
*8 Recargas en cuencas altiplanicas y precordilleranas/aquaterra 2011
*9 S.D.T N° 315 de División de Estudios y Planificación de la Dirección General de Aguas
*10 Geoquímica de aguas en cuencas cerradas : I, II, III regiones - Chile / MOP-DGA, U Católica del Norte, Institut de Recherche pour le Développement del año 1999
*11 Evaporacion de salares, DGA, 1986

Fuente: Elaboración propia en base a información DGA-MOP.

A. APTITUD DE USO DE SUELO

Para este criterio se considera el mayor potencial productivo de los suelos, en particular desde el punto de vista agroalimentario, en la aptitud que tiene el suelo para ser cultivado. De esta forma se toma como base la clasificación de suelos adoptada por CIREN y MINAGRI, la cual establece 8 clases de suelos, esta se ha reclasificado agrupando las cuatro primeras clases como “Aptitud Preferente Agrícola” , las tres siguientes como “Aptitud Preferente Ganadera/Forestal” por último la octava clase quedaría con “Aptitud Preferente Silvestre y Protección de Cuenca”. También se ha consultado para definir las áreas preferentes agrícolas la valorización de suelo establecida por AGROSOT.

Sin embargo contrastada con el conocimiento del territorio y sus usos tradicionales, esta información resultaba insuficiente, por lo que se recurrió a imagen satelital para establecer otras áreas agrícolas que no se encontraban en estas bases de datos y agregarlas. Algo similar se ha realizado con la determinación de la Aptitud Preferente Ganadera-Forestal, desde el conocimiento del territorio, su condición de aridez, la situación de presencia forestal es de casi inexistente, para la ganadería también hubo que redefinir el criterio para establecer las áreas, ya que la ganadería que se desarrolla en esta región es diferente al estar constituida mayoritaria y preferentemente por especies camélidas domésticas, y el pastoreo de estas especies se desarrolla en los humedales altiplánicos denominados bofedales, por tanto se recurrió a información de CONAF y MMA para establecer dichas áreas.

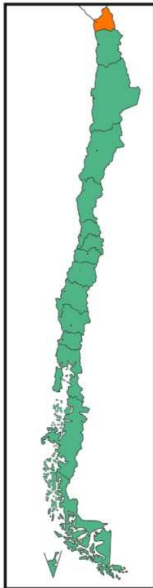
Se puede apreciar que las cuencas altiplánicas tienen mayor aptitud ganadera con una gran extensión silvestre y sin aptitud agrícola, dada sus condiciones físico-atmosféricas, por otra parte las cuencas con vertiente Pacífico, al estar a menor altitud, y condiciones atmosféricas menos rigurosas y templadas han permitido el desarrollo de agricultura, la cual con la incorporación de tecnología desarrollan una agricultura intensiva con hasta tres cosechas en el año.

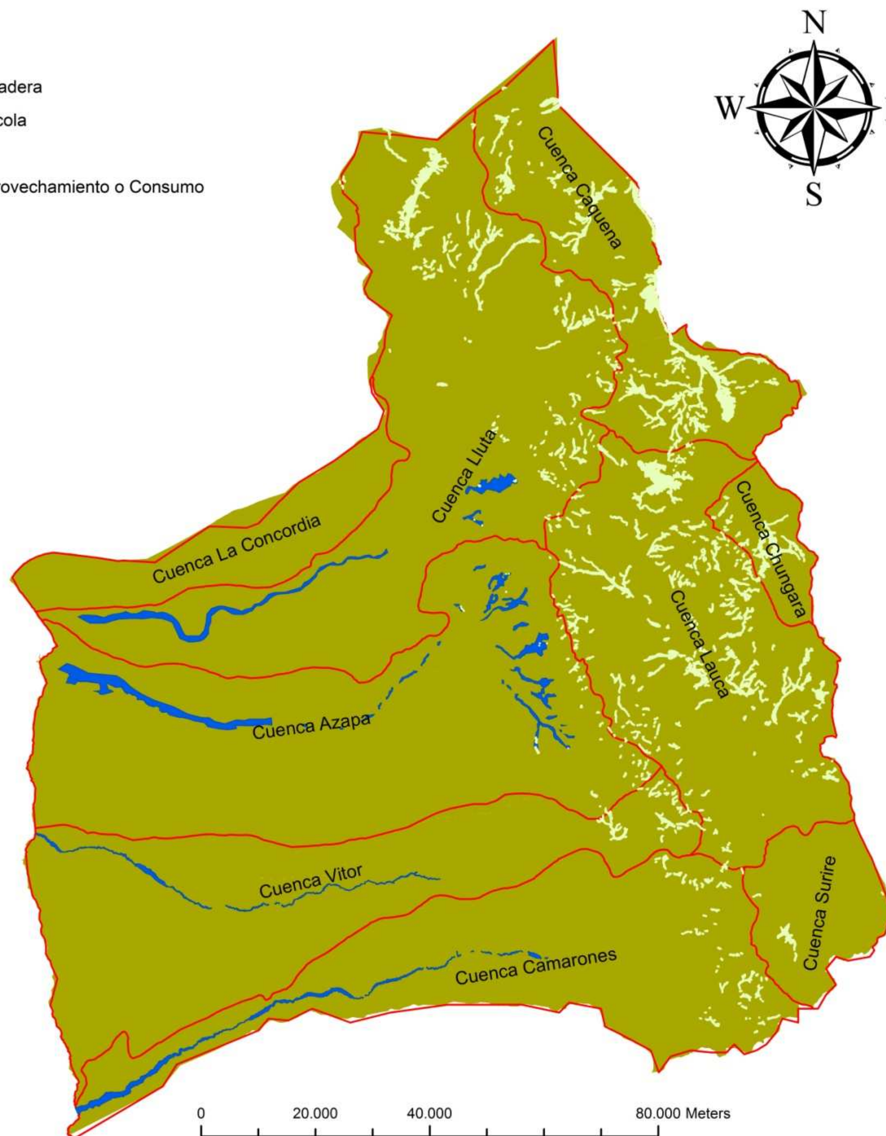
Cartografía Nº1

Aptitud Uso de Suelo

Legenda

- Aptitud Ganadera
- Aptitud Agricola
- Cuencas
- Zona de Aprovechamiento o Consumo





Referencias:
IGM
DGA
MMA





ARICA Y PARINACOTA
GOBIERNO REGIONAL

ANÁLISIS DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

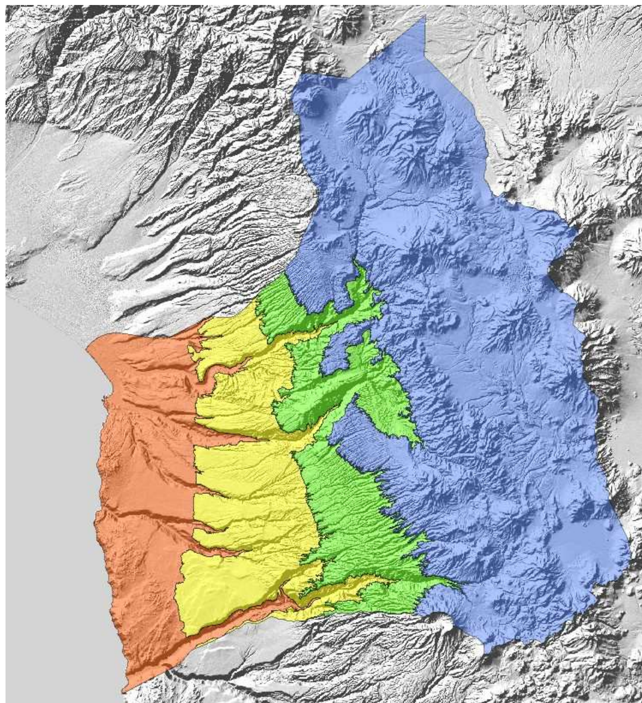
Plan Regional de Ordenamiento Territorial
GOBIERNO REGIONAL DE ARICA Y PARINACOTA
División de Planificación y Desarrollo
Unidad de Ordenamiento Territorial
2013

Fuente: Elaboración Propia en base a información CONAF, SAG, propia.

B. APTITUD HÍDRICA

Este criterio se construye a partir de tres parámetros hídricos, siendo el primero la de “Producción de Agua” esto en nuestro territorio acontece en las zonas altas de las cuencas, debido a la configuración climática, ya que allí se producen las lluvias y deposito de nieves en las cabeceras de los primeros cauces menores. El segundo parámetro, corresponde al “Impacto Hídrico”, esto se refiere a las áreas susceptibles de sufrir inundación, esto ocurre en los sectores de escasa pendiente de los cursos, y en las desembocaduras en el borde costero, para esto se ha considerado los cursos principales de cada cuenca y se les ha aplicado un buffer de 200m de protección tomado de la Legislación de Bosques, siendo este el único parámetro establecido en una norma, aún cuando en esta región es carente de bosques, pero siempre esta afecta a aluvionales en épocas estivales que afectan las riberas. El tercer y último parámetro corresponde al “Aprovechamiento o Consumo de Agua” y que corresponde a todas las demás áreas dentro de la cuenca que pueden demandar en recurso agua.

Figura Nº18 Zonificación Climática



Fuente: Dirección Meteorológica de Chile.

Las cuencas altiplánicas de la región cuentan con recursos hídricos permanentes, ya que se encuentran en zonas climáticas que reciben lluvias estivales todos los años y por otra parte las altas cumbres con bajas temperaturas permiten que se depositen nieves manteniendo una disponibilidad hídrica permanente. La cuenca de Lluta también al tener sus nacientes en zona altiplánica y volcán Tacora con cono de nieve, también cuenta con curso permanente. La cuenca de Azapa por cursos naturales tiene sus nacientes en la pre cordillera por lo que no cuenta con depósitos de nieves y su curso es esporádico en época estival, el resto del año es alimentado con trasvasije de Aguas por intermedio del Canal Lauca que obtiene sus aguas desde la naciente de la cuenca del Lauca en las Lagunas Parinacota. La cuenca de Camarones aún cuando no tiene su naciente en zona altiplánica, cuenta con un embalse que permite acumular agua y regular su flujo, además varias vertientes de acuíferos subterráneos que permite contar con agua en forma permanente. La cuenca de Vitor debido a que su naciente no se encuentra en la zona altiplánica ni acumulación nival, no cuenta con agua en forma permanente y tampoco cuenta con embalse para acumular agua estival, por lo que su aptitud en estas condiciones es limitada, pudiendo mejorar con obras que permitan acumular agua para los periodos sin lluvia. La cuenca de La Concordia es la más seca de todas, ya que su naciente se encuentra en la pre cordillera con escasas precipitaciones, sin embargo existe disponibilidad en acuíferos subterráneos como en todas las cuencas.

Para efectos de determinar en general las zonas de producción de agua, se ha recurrido a datos altitudinales por cada cuenca, para las cuencas con vertiente Pacífico se considero también la zonificación climática de manera de determinar las áreas de lluvias en esas cuencas, otro factor tomado en cuenta fueron las formaciones de cárcavas en la imagen satelital.

Cartografía Nº2

Aptitud Hídrica



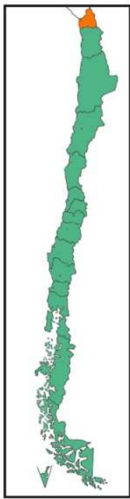
Aptitud Hídrica

Cuencas

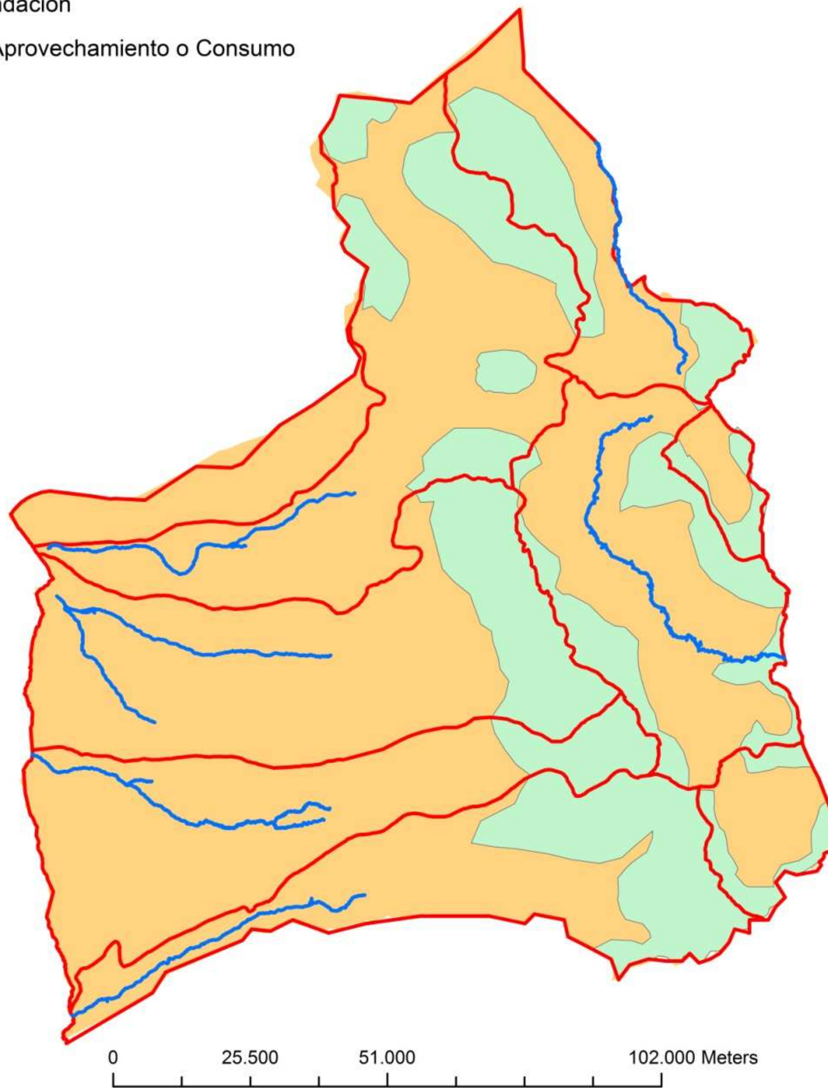
Zona de Producción de Agua

Zona Inundación

Zona de Aprovechamiento o Consumo



Referencias:
IGM
DGA



0 25.500 51.000 102.000 Meters





ARICA Y PARINACOTA
GOBIERNO REGIONAL

ANÁLISIS DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Plan Regional de Ordenamiento Territorial
GOBIERNO REGIONAL DE ARICA Y PARINACOTA
División de Planificación y Desarrollo
Unidad de Ordenamiento Territorial
2013

Fuente: Elaboración propia.

C. ÁREAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL

Bajo este criterio se recoge todo sector de territorio que este bajo alguna norma que brinde protección o conservación de biodiversidad y atractivos naturales, o estén definidos bajo algún instrumento de interés ambiental, es así que se definen tres niveles siendo el primero el de "Zona de Preservación" y que coincide o corresponde a los Parques Nacionales con un alto nivel de restricción, en segundo lugar está la "Zona de Conservación" la cual permite intervenciones con planes de manejo, y agrupa a los definidos como Monumento Natural, Reserva Nacional, Sitios Prioritarios, Santuarios de la Naturaleza, Sitios RAMSAR, Humedales, Auto Destinaciones para la Conservación Natural. El resto del territorio se considera "Zona Sin Restricción Ambiental".

Las cuencas altiplánicas de la región, debido a sus particularidades cuentan con varios instrumentos de protección que las afectan:

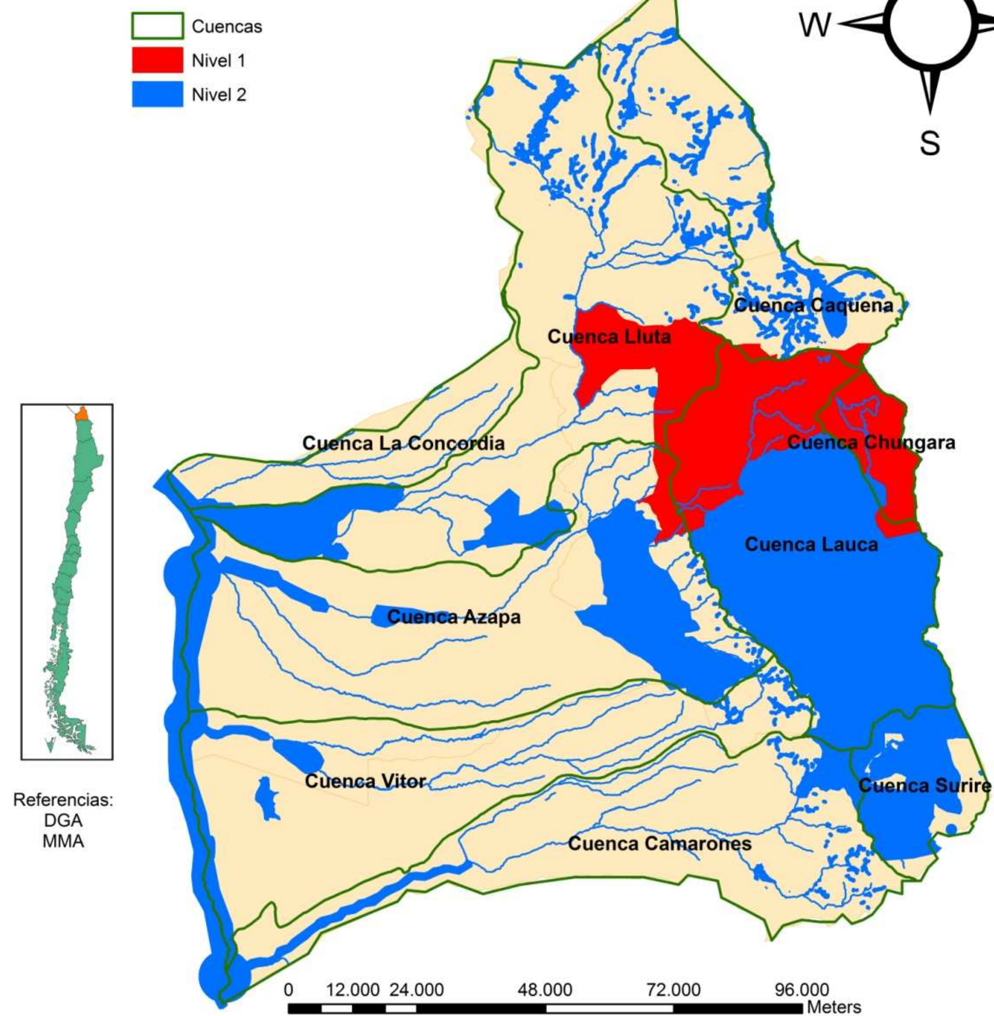
- ❖ Es así que la cuenca de Chungará queda completamente protegida:
  - Parque Nacional Lauca
- ❖ La de Lauca la afectan dos protecciones:
  - Parque Nacional Lauca
  - Reserva Nacional Las Vicuñas
- ❖ La de Surire tienen un alto nivel de protección:
  - Reserva Nacional Las Vicuñas
- ❖ La de Caquena cuenta con una reducida área de interés de protección ambiental
  - Rinconada de Caquena

Las otras cuencas con vertiente al Pacífico tienen zonas más definidas y de menor extensión con diversos instrumentos de interés ambiental que las afectan:

- ❖ La Cuenca de la Concordia o Quebrada Escritos por sí sola no contiene áreas con figura legal de protección.
- ❖ La Cuenca del rio Lluta es una área geográfica riquísima en ecosistemas protegidos ambientalmente, para detallar se tiene el siguiente catastro:
  - Cerros de Poconchile
  - Estuario (desembocadura) del rio Lluta
  - Valle de Lluta
  - Calanchucal (tilancias)
  - Quebrada Cardones
  - Parque Nacional Lauca
- ❖ La cuenca de Azapa cuenta con escasa protección ambiental, se encuentra en esta zona el Picaflor de Arica.
  - Valle Azapa
  - Pan de Azúcar
  - Pre cordillera Tignamar
  - Anzota Camaraca
- ❖ En la cuenca de Vitor se consideran tres áreas de interés ambiental:
  - Desembocadura de Vitor
  - Quebrada de Vitor
  - Quebrada de Garzas
  - Acantilados de Punta Madrid
- ❖ Por último la cuenca de Camarones cuenta con áreas relevantes para conservación ambiental:
  - Desembocadura Río Camarones
  - Quebrada Camarones

Cartografía Nº3

Áreas Ambientalmente Valiosas







ARICA Y PARINACOTA
GOBIERNO REGIONAL

ANÁLISIS DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Plan Regional de Ordenamiento Territorial
GOBIERNO REGIONAL DE ARICA Y PARINACOTA
División de Planificación y Desarrollo
Unidad de Ordenamiento Territorial
2013

Fuente: MMA, CONAF, DGA y Elaboración propia

D. ZONAS DE OCUPACIÓN

Las zonas de ocupación es el criterio que recoge la intervención antrópica propiamente tal, está a su vez se subdivide en dos áreas, la de concentración de población y que corresponde a desarrollos urbanos de diferentes escalas y magnitudes, como son los pequeños villorrios o caseríos hasta las ciudades propiamente urbanas, en el caso de nuestra región tan solo Arica tiene esta característica. La otra subdivisión corresponde a una ocupación dispersa y en extensión mayormente, lo que es el sector rural, donde se instalan la mayoría de las actividades productivas y las de generación de energía. Por último queda un sector de mínima ocupación o actividad antrópica, que corresponde a lo denominado como silvestre. Para la definición de estas zonas se ha recurrido al Catastro de Bosque Nativo, el cual define 32 usos, uno de los cuales está definido como Ciudades-Pueblos-Zonas Industriales, zona que coincide con el sub criterio definido para este caso como “Zona Urbana”, luego se agrupa los usos Minería, Plantación, Rotación de Cultivo-Pradera y terrenos de uso Agrícola bajo el sub criterio “Zona Rural”, los demás usos se concentran en el tercer sub criterio “Zona Silvestre”.

Como es común o de sentido común, las zonas de ocupación en las cuencas, se ubican en la proximidad a los cursos de agua, dado que las actividades humana requieren este vital elemento, también podemos apreciar que gran cantidad de estos poblados se ubican en los cursos de agua con menores niveles de contaminantes naturales, además tienden a ubicarse en las zonas altas de las cuencas con vertiente pacífico, como se aprecia en la zona de Tignamar.

En la región solamente la cuenca de Azapa contiene un área urbana significativa, las cuencas de Lluta, Vitor, Camarones, Caquena y Putre soportan pequeños poblados, las de Chungará, Surire y Concordia prácticamente se encuentran despobladas, alojando principalmente actividades de control y resguardo. Zonas Rurales podemos encontrar en las cuencas de Lluta, Azapa, Vitor, Camarones y Caquena, las otras cuencas presentan escasa o ninguna actividad rural. El resto del territorio en gran medida a su característica desértica, o condiciones atmosféricas de puna, han permanecido como Zonas Silvestres.

Cartografía Nº4

Zonas de Ocupación

Rural
Urbana
Silvestre
Cuencas

N
W E
S

Cuenca Caquena
Cuenca Lluta
Cuenca Chungara
Cuenca La Concordia
Cuenca Lauca
Cuenca Azapa
Cuenca Vitor
Cuenca Surire
Cuenca Camarones

Referencias:
DGA
MMA

0 13.500 27.000 54.000 81.000 108.000
Meters



ARICA Y PARINACOTA
GOBIERNO REGIONAL

ANÁLISIS DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Plan Regional de Ordenamiento Territorial
GOBIERNO REGIONAL DE ARICA Y PARINACOTA
División de Planificación y Desarrollo
Unidad de Ordenamiento Territorial
2013

Fuente: Elaboración propia.

IV. ZONIFICACION INTRINSICA REGIONAL DE CUENCAS

Utilizando la información previamente relevada en el análisis, se procede a priorizar en base al recurso Hídrico tomado en consideración la de "Aptitud de Uso de Suelo" , la de "Aptitud Hídrica" y las "Zonas de Ocupación", lo cual nos arroja mediante la aplicación de una regla de decisión las áreas preferentes para "Protección", las preferentes para "Desarrollo Productivo con Manejo" y las preferentes para "Desarrollo Productivo"

A continuación se presenta el cuadro de la Regla de decisión establecido:

REGLA DE DECISIÓN DE ZONIFICACION DE USO		
PROTECCION	**CONDICIONAL**	**DISPONIBLE**
Zonas de Producción de Agua	Zonas de Impacto Hídrico	Áreas Urbanas (Ciudad / Pueblo)
Cuerpos de Agua y estuarios	Zonas de Aptitud Ganadera	Zonas de Aptitud Agrícola
Embalses de Agua	Expansiones Urbanas	Áreas Silvestres

Fuente: Elaboración propia.

Sobre esta nueva capa se procede a complementar mediante agregar las Áreas de Protección Ambiental, redefiniendo las áreas de protección. Por último se superpone la capa con la información de "Zonas de Ocupación", la cual complementa las zonas preferentes para "Desarrollo Productivo con Manejo" y preferentes para "Desarrollo Productivo", con lo que obtenemos la situación definitiva de las cuencas diferenciada en tres zonas:

- **<u>Zona Conveniente de Protección:</u>**
  Esto corresponde a las zonas relevantes para la producción natural de agua, la cual está orientada a garantizar la función de aprovisionamiento de agua para el consumo humano y la actividad silvo-agropecuaria, además considera las áreas de almacenamiento natural o artificial de agua (lagos, lagunas, embalses) y las de estuarios posibles de ser afectadas por crecidas

- **<u>Zona Adecuada para Desarrollo Condicionado:</u>**
  Considera las zonas de los cursos de agua, que deben considerar planes de manejo para crecidas, también se considera las zonas de bofedales donde se desarrolla la ganadería especifica de la región con especies camélidas, condicionando para este tipo especifico de ganadería. También se considera las riberas de los cuerpos de agua, como lago, lagunas y salares en los cuales se puede dar algunas actividades propias de ambientes acuáticos considerando su preservación en particularidad su singularidad, naturalidad o excepcionalidad para lo que se deberá considerar planes de manejo que garanticen el mantenimiento de estas características. Otro considerando son las expansiones de los centros poblados relacionados con cursos de agua estableciendo planes de manejo de las cajas de los cursos y sus riberas.

- **<u>Zonas Adecuadas para Desarrollo Productivo o Disponibilidad:</u>**
  Estas consideran todas las demás áreas que demandarían agua para le realización de actividad productiva, como lo son las Zonas Agrícolas, las Zonas Urbanas consolidadas que incluyen pueblos y ciudades, y cualquier otro emprendimiento las Zonas Rural y Silvestres, sean pequeñas o extensivas como las agrícolas incorporando suelo o minería.

Cartografía Nº5

ZONIFICACIÓN INTRÍNSICA REGIONAL DE CUENCAS

Usos Diversos del Territorio
Áreas Ambientalmente Valiosas
Aptitud Hídrica Preferente
Cuencas

N
W
E
S

Cuenca Caquena
Cuenca Lluta
Cuenca La Concordia
Cuenca Chungara
Cuenca Lauca
Cuenca Azapa
Cuenca Vitor
Cuenca Surire
Cuenca Camarones

Referencias:
DGA
MMA

0 12.000 24.000 48.000 72.000 96.000 Meters





ARICA Y PARINACOTA
GOBIERNO REGIONAL

ANÁLISIS DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Plan Regional de Ordenamiento Territorial
GOBIERNO REGIONAL DE ARICA Y PARINACOTA
División de Planificación y Desarrollo
Unidad de Ordenamiento Territorial
2013

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSION

Con esta zonificación podemos dar atención en el territorio a los Lineamientos Estratégicos definidos en la Estrategia Regional de Desarrollo y que tienen relación con este análisis, lo cual se presenta en el siguiente cuadro:

Lineamiento ERD	Análisis de Cuencas Hidrográficas PROT
"Diseñar y ejecutar un programa de inversiones en infraestructura para el aprovechamiento óptimo de los recursos hídricos y energéticos convencionales y no convencionales.":	✓ Mmediante este análisis territorial se puede apreciar en el territorio los recursos hídricos y apoyar la ejecución de diseño y programas relacionados con los recursos hídricos.
"Elaborar y gestionar un Plan Regional de Ordenamiento Territorial que oriente indicativamente el desarrollo productivo del territorio, integrando los múltiples instrumentos de esa naturaleza.":	✓ Este análisis diagnóstico toma en consideración los recursos hídricos en el PROT y puede orientar el desarrollo productivo con el menor impacto sobre la producción de agua.
"Diseñar y gestionar con institucionalidad propia, un Plan Director Regional de Tratamiento de Residuos Sólidos y Líquidos, con especial énfasis en la contaminación de agua y suelos, y la disposición final de residuos domiciliarios.":	✓ Al igual que en el lineamiento anterior se puede reconocer las zonas en que los residuos pueden provocar menores impactos.
"Posicionar y fortalecer el Comité Operativo de Biodiversidad Regional, a través de la generación de alianzas estratégicas y redes que apunten a la conservación de la biodiversidad regional y al involucramiento ciudadano en su preservación, realzando el papel de las comunidades indígenas.":	✓ La biodiversidad regional aparece definida en este análisis con la incorporación de las zonas protegidas y además todas aquellas que se consideran ambientalmente valiosas fortaleciendo su protección desde la variable hídrica.
"Promover el acabado conocimiento del estado de conservación de la Flora y Fauna Regional, de los sitios de valor y significancia para la biodiversidad y nuestra cultura.":	✓ Las zonas protegidas y ambientalmente valiosas asociadas a recursos hídricos aparecen definidas en la zonificación fortaleciendo su protección y potenciar su conocimiento.

Este estudio con su aporte será una referencia más para el proceso general de territorialidad que está siendo levantado para el Plan Regional de Ordenamiento Territorial, haciendo visible las potencialidades y restricciones del territorio, permitiendo una mejor focalización de la Estrategia Regional.

BIBLIOGRAFÍA:

· Levantamiento Hidrogeológico para el Desarrollo de Nuevas Fuentes de Agua en Áreas Prioritarias de la Zona Norte de Chile, Regiones XV, I, II y III, MOP-DGA, Dpto. Ingeniería Hidráulica y Ambiental PUC, 2008.-

· Introducción a la Geología y Morfología de Los Andes en el Norte de Chile, Seyfried-Wörne-Uhling-Kohler-Clavo, Revista Chungará Vol 30 Nº1, U. de Tarapaca 1999.

· Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021 Región de Arica y Parinacota. DIRPLAN XV Región, MOP 2011

· Plan de Acción Estratégico para el Desarrollo Hídrico de la Región de Arica y Parinacota. MOP-DGA, 2011.

· Zonificación Altitudinal Morfológica e Hígrica de la vertiente andina occidental en la región limítrofe chileno-peruana, Revista de Geografía Norte Grande, n°8: 3 - 25, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile. ABELE, GERHARD 1981.

· Mapa Hidrográfico de Chile, Niemeyer & Cereceda, IGM, 1984.
· Mapa Agroclimático de Chile, Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS INIA, 1989.
· Biodiversidad de Chile Patrimonio y Desafíos, CONAMA, 2008
· Geoquímica de Aguas en Cuencas Cerradas: I, II y III Regiones Chile - Volumen II Estudio de Cuencas de la I Región; François Risacher/Hugo Alonso/Carlos Salazar; 1999.
· Situación de los Recursos Hídricos de Chile, C. Salazar - Fun Nippon, 2003
· “Diagnóstico de los Servicios Ecosistémicos asociados a los Sistemas Hídricos de Chile”, Secretaría Regional Ministerial de Medio Ambiente, 2013.
· Estimaciones de Demanda de Agua y Proyecciones Futuras. Zona I Norte. Regiones I a IV. DGA – MOP 2007